



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA DRŽÁKU KABELU V POSTUPOVÉM NÁSTROJI

PRODUCTION OF THE CABLE HOLDER IN PROGRESSIVE DIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Miroslav Němec

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ladislav Žák, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Miroslav Němec**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Ladislav Žák, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba držáku kabelu v postupovém nástroji

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce bude zaměřena na návrh technologie výroby držáku kabelu a zpracování konstrukčního řešení postupového nástroje.

Cíle bakalářské práce:

1. Literární studie dané problematiky.
2. Návrh technologie výroby součásti.
3. Posouzení technologičnosti výroby součásti.
4. Konstrukční řešení nástroje.
5. Ekonomické zhodnocení.

Seznam literatury:

BAČA, Jozef, Jozef BÍLIK a Viktor TITTEL. Technológia tvárnenia, 1. vyd. Bratislava: Edícia vysokoškolských učebníc, 2010. 245 s. ISBN 978-80-227-3242-0.

HOSFORD, WILLIAM F. and Robert CADDEL. Metal Forming: Mechanics and Metalurgy. 4th ed. New York:Cambridge University Press, 2011. 331 s. ISBN 978-1-107-88-00452-8.

KŘÍŽ, Václav a Pavel VÁVRA. Strojírenská příručka. 1. vyd. Praha : Scientia, 1998.255s. ISBN 80-7183-054-2.

SCHULER GmbH. Handbuch der Umformtechnik. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996. ISBN 3-540-61099-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

NĚMEC Miroslav: Výroba držáku kabelu v postupovém nástroji.

Tato bakalářská práce předkládá návrh výroby držáku kabelu z korozivzdorné austenitické oceli X5CrNi8-10 ve sdruženém nástroji. Na základě teoretických znalostí a provedených výpočtů byla navržena konstrukce sdruženého nástroje pro výrobu součástí ze svitků plechu. Tento nástroj zahrnuje stříhání, ohýbání a ražení. Pro výrobu byl zvolen výstředníkový lis LEXN 100 C od firmy TOMA o jmenovité síle 1000 kN. Závěrem práce je také ekonomické zhodnocení výroby.

Klíčová slova: stříhání, ohýbání, korozivzdorná ocel, tváření, sdružený nástroj

ABSTRACT

NĚMEC Miroslav: Production of the cable holder in progressive dies.

This bachelor thesis render design production of the cable holder from corrosion resistant steel X5CrNi8-10 in progressive dies. On basis of theoretical knowledge and carried out calculations was designed construction of progressives dies for production from sheet scroll. This tool include cutting, bending and stamping. For production was selected eccentric press LEXN 100 C from company TOMA with rated forming force 1000 kN. In conclusion bachelor thesis is also economic evaluation.

Keywords: cutting, bending, corrosion resistant steel, forming, progressive dies

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NĚMEC, Miroslav. *Výroba držáku kabelu v postupovém nástroji*. Brno, 2017. 39s, 8 výkresů, 2 přílohy, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Ladislav Žák, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 25.5.2017

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Ladislavu Žákovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání
Abstrakt
Bibliografická citace
Čestné prohlášení
Poděkování
Obsah

ÚVOD	9
1 ROZBOR ZADÁNÍ.....	10
1.1 Popis součásti	10
1.2 Volba materiálu součásti	11
1.3 Metody výroby součásti	12
2 STŘÍHÁNÍ	13
2.1 Průběh střížného procesu	13
2.2. Střížný odpor	14
2.3 Střížná síla a střížná práce	14
2.4 Střížná vůle a střížná mezera	15
2.5 Střížné nástroje	16
2.5.1 Jednoduchý střížný nástroj	16
2.5.2 Postupový střížný nástroj	17
2.5.3 Sdružený střížný nástroj	17
2.6 Materiály pro součásti střížných nástrojů	18
2.6.1 Konstrukční oceli	18
2.6.2 Nástrojové oceli	18
2.6.3 Litiny	19
3 OHÝBÁNÍ	20
3.1 Základní metody ohýbání.....	20
3.2 Ohýbací síla a práce	22
3.3 Neutrální vrstva	22
3.4 Odpružení ohýbaných součástí.....	24
4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	25
4.1 Vyráběná součást	25
4.2 Počet operací a jejich rozložení	25
4.3 Konstrukční výpočty	26
4.4 Řešení konstrukce nástroje.....	32
4.4.1 Konstrukce nástroje.....	32
4.3.2 Materiály použité pro výrobu nástroje	35
4.5 Volba tvářecího stroje	36
5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	37
6 ZÁVĚRY	39

Seznam použitých zdrojů
Seznam použitých symbolů a zkratk
Seznam obrázků
Seznam tabulek
Seznam příloh
Seznam výkresů

ÚVOD [3], [9], [14]

Technologie tváření má zásadní postavení ve strojírenské výrobě společně s technologiemi jako jsou obrábění, svařování a odlévání. Dotýká se téměř každé sféry života. Výrobky zhotovované tvářením jsou nedílnou a nepostradatelnou součástí každodenních potřeb lidského života. Proto je neustálou snahou vyvíjet nové a zdokonalovat stávající technologie.

Tváření se jako efektivní metoda projevuje především u sériových, velkosériových a hromadných výrob, je však využíváno i pro malosériovou a kusovou výrobu.

Základním rozdělením tváření je dělení na objemové a plošné. Mezi plošné metody tváření je řazeno stříhání, ohýbání, ražení atd. Objemovými metodami tváření jsou tažení, zápustkové a volné kování, protlačování atd. Obě tato odvětví jsou založena na schopnostech tvářených materiálů snášet určité přetvoření bez ztráty soudržnosti. Tvářený materiál je působením vnějších zatížení uváděn do plastického tvaru, kde dochází ke změně jeho tvaru a vlastností.

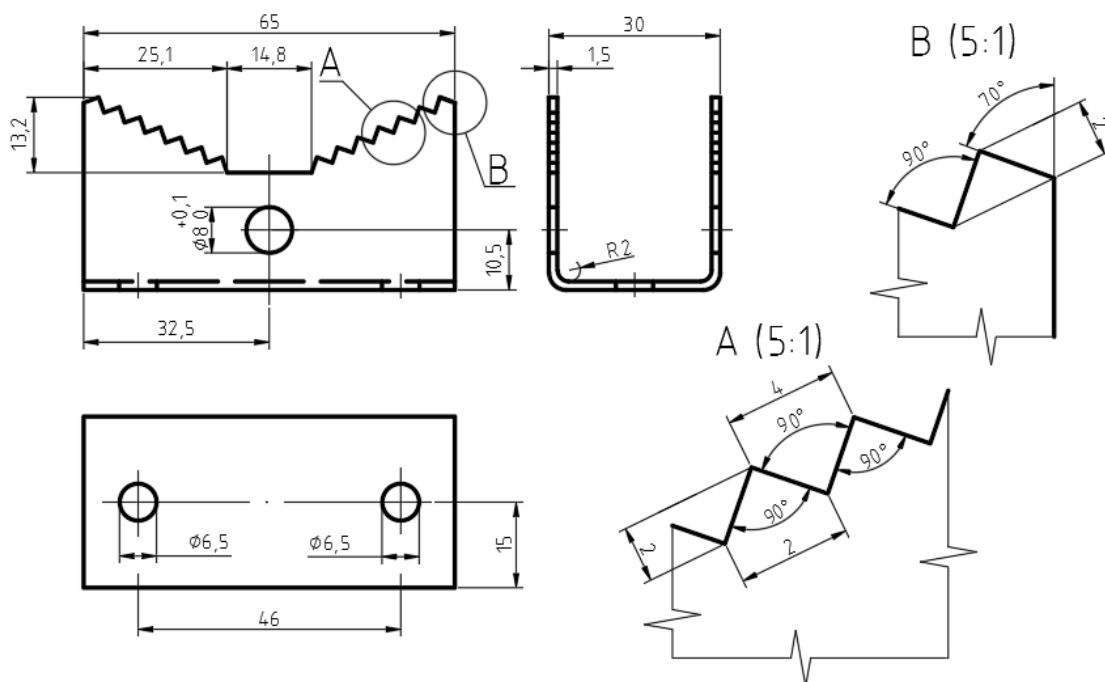
Tato bakalářská práce bude zaměřena na výrobu součástí plošným tvářením, a to konkrétně využitím metod stříhání a ohýbání.



Obr. 1 Součásti zhotovované tvářením [7], [17], [20], [21], [24], [25]

1 ROZBOR ZADÁNÍ

Vyráběnou součástí je držák kabelů (viz obr. 2) o předpokládané roční výrobě 250000 ks/rok. Tento držák je využíván v elektrotechnice pro upevňování telefonních, rozhlasových a izolovaných elektrovedných kabelů na dřevěné či kovové sloupy.



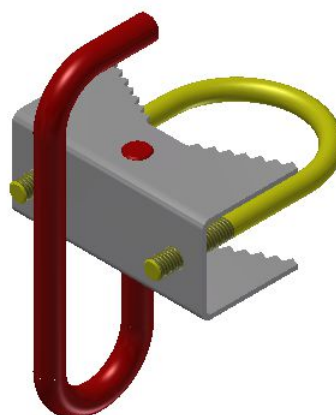
Obr. 2 Držák kabelu

1.1 Popis součásti

Vyráběná součást je ve tvaru písmene U s drážkováním zaujímajícím v bočních stranách tvar písmene V (viz obr. 2) jež se při upnutí vryjí do sloupu a zabráňují změně polohy držáku, dále jsou na stranách s drážkováním zhotoveny dva otvory pro umístění závěsného háku (viz obr. 3), který je přivařen k tělu držáku a zároveň tvoří upínací prvek pro připevnění na sloup za pomoci stahovací nerezové pásky. Následující dva otvory slouží pro umístění závitového třmene (viz obr. 4), který je jako upínací prvek využíván v případě kdy není možné využít stahovacích pásek. V čelní části součásti se nachází logo zhotovené za pomoci ražení.



Obr. 3 Umístění závěsného oka



Obr. 4 Umístění závitového třmene

1.2 Volba materiálu součásti

Pro výrobu dané součásti jsou možné dvě materiálové varianty. První z variant je použití korozivzdorné austenitické oceli X5CrNi18-10 dle ČSN označované jako 17 240. Tato ocel je vhodnou variantou pro své vlastnosti jako je hlubokotažnost, odolnost proti opotřebení, mechanickou pevnost a svařitelnost všemi obvyklými postupy. Chemické složení a mechanické vlastnosti oceli jsou obsaženy v tabulce 1.

Tab. 1 Mechanické vlastnosti a chemického složení oceli DC 01. (viz příloha 1)

Mechanické vlastnosti			
Mez pevnosti R _m [MPa]	Mez kluzu R _e nebo Rp _{0,2} [MPa]		Tažnost A ₈₀ [%]
270 až 410	min 280		28
Chemické složení			
C [hm %]	Mn [hm %]	P [hm %]	S [hm %]
max 0,12	max 0,60	max 0,045	max 0,045

Druhou variantou je použití jakostní oceli DC 01 dle ČSN označované jako 11 321, u této varianty je nutné po svaření součásti použít žárového zinkování pro ochranu součásti před korozi. Ocel DC 01 má všechny nutné vlastnosti jako je hlubokotažnost, vhodnost k nanášení povlaků žárovým pokovováním a svařitelnost všemi obvyklými metodami nutnými pro splnění požadavků na výrobu součásti. Chemické složení a mechanické vlastnosti jsou v tabulce 2.

Tab. 2 Mechanických vlastnosti a chemického složení oceli X5CrNi8-10 (viz příloha 2)

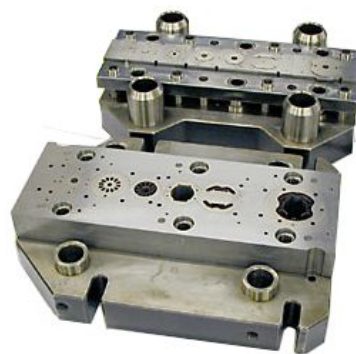
Mechanické vlastnosti							
Mez pevnosti R _m [MPa]		Mez kluzu Rp0,2 [MPa]			Tažnost A [%]		
540 až 750		230			min 45		
Chemické složení							
C [hm %]	Si [hm %]	Mn [hm %]	P [hm %]	S [hm %]	Cr [hm %]	Ni [hm %]	N [hm %]
max 0,07	max 1,2	max 2,0	max 0,045	max 0,015	17,0 až 19,5	8,0 až 10,5	max 0,11

Z navrhovaných materiálů se jako vhodnější jeví korozivzdorná ocel. U této varianty má materiál téměř dvojnásobně vyšší mez pevnosti a tažnost. Vyšší mez pevnosti je žádoucí s ohledem na zatížení součásti, především drážkování při upínání na sloupy. Další z výhod je absence povrchové úpravy, vytvořený povlak by mohl být v místě kontaktu s kabelem poškozen jeho pohybem způsobeným povětrnostními vlivy a mohlo by docházet ke korozi součásti.

1.3 Metody výroby součástí

S ohledem na rozměry součástí, použitý materiál a velikost série pro výrobu dané součásti připadá v úvahu několik metod výroby, jako je použití kombinace konvenčních nástrojů, využití nekonvenčních metod dělení materiálu v kombinaci s ohýbacím nástrojem či použití postupového nástroje.

- Výroba součástí pomocí kombinace konvenčních metod tváření. Tato metoda zahrnuje použití dvou tvářecích nástrojů střižného (obr. 5) a ohýbacího. V prvním postupovém nástroji je zhotoven polotovaz požadovaného tvaru a rozměrů. Tento polotovaz je následně v druhém nástroji ohnut do požadovaného tvaru. Pro tento způsob výroby je nutné zhotovit dva nástroje, pro které musíme vyčlenit dva tvářecí stroje, nebo při použití jednoho stroje zaměňovat nástroje. Ve výrobě může dojít k nárůstům výrobních časů z důvodu mezioperační přepravy a různých výrobních časů jednotlivých operací, či výměnou nástroje.



Obr.5 Střižný nástroj [18]

- Metoda s použitím nekonvenčního dělení materiálu a konvenčního ohýbání. U této metody jsou v první operaci součásti zhotoveny nekonvenčním dělením materiálu jako je řezání laserovým paprskem (obr. 6), vodním paprskem či plazmou. V následující operaci je prováděno ohýbání v nástroji. Zásadní nevýhodou této metody je velikost pořizovacích a provozních nákladů stroje zajišťujícího dělení materiálu. Za další nepříznivý vliv lze považovat nutnost mezioperačních přeprav polotovarů a jejich skladování z důvodu rozdílných výrobních časů u jednotlivých operací. Naopak za výhodu by bylo možno považovat lepší rozložení součástí na tabuli plechu a tím i její větší využití.



Obr. 6 Řezání laserovým paprskem [26]

- Využití sdruženého nástroje (obr. 7). Tato metoda využívá nástroje, jenž zhotoví součást v několika operacích na jednom tvářecím stroji. Při použití sdruženého nástroje dochází k odstranění mezioperačních přeprav, snížení výrobních časů, navýšení výroby a tím i snížení nákladu na výrobu součástí. Nevýhodou této metody jsou vyšší pořizovací náklady na nástroje, složitější konstrukce nástroje, vyšší hodnoty tvářecích sil a s tím související velikost použitého tvářecího stroje.



Obr. 7 Sdružený nástroj [30]

S ohledem na rozměry, tvar a předpokládanou roční produkci součástí je nejvhodnější variantou metoda výroby ve sdruženém nástroji. Tato metoda bude nejrychlejší a nejproduktivnější pro výrobu součástí

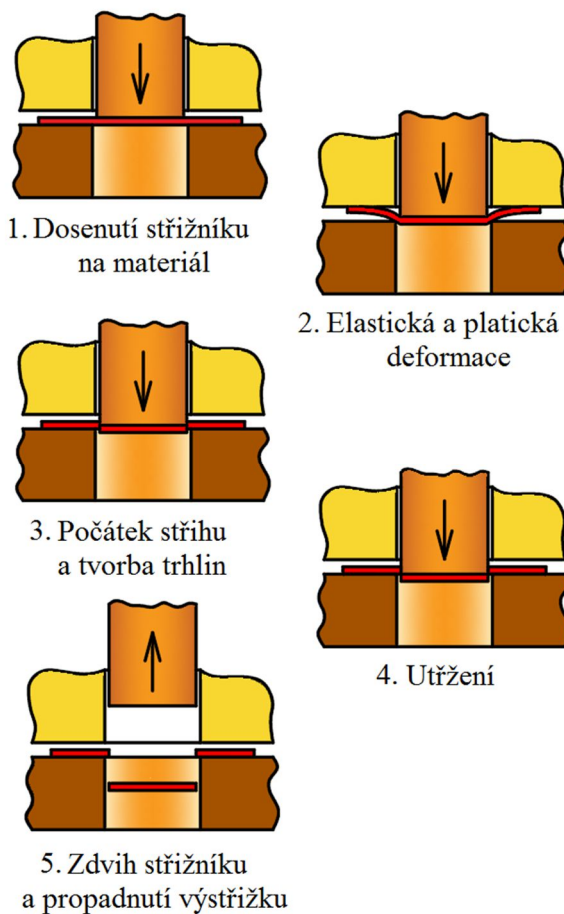
2 STŘÍHÁNÍ [3], [8], [9], [29]

Stříhání je jednou ze základních metod tváření, která ovšem nesplňuje definici tváření o zachování soudržnosti materiálu. Dělení materiálu probíhá postupně nebo současně působením protilehlých střížných hran podél linie stříhu, linie může být tvořena přímkou, otevřenou či uzavřenou křivkou. Kvalita a přesnost střížných ploch je ovlivněna velkým množstvím faktorů, jako je například velikost střížné vůle, stříhaný materiál, provedení střížných nástrojů a jejich kvalita, nebo použitý tvářecí stroj.

2.1 Průběh střížného procesu [3], [11], [15]

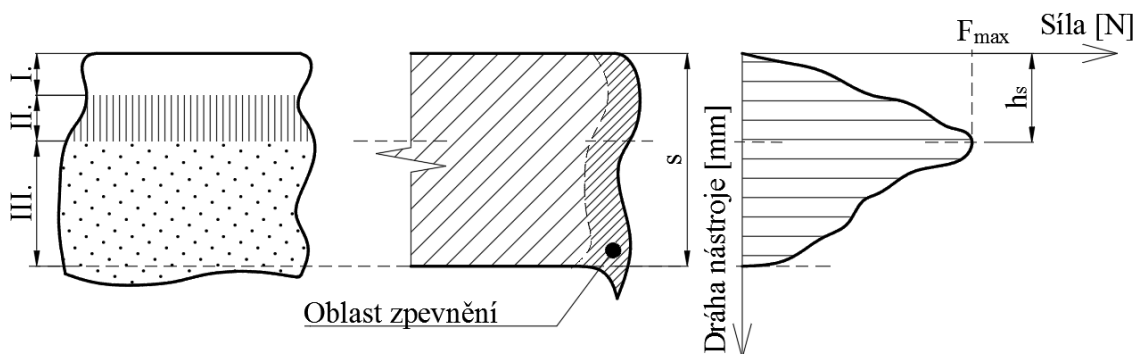
Průběh střížného procesu lze rozdělit do čtyř základních částí (viz obr. 8). Samotný proces stříhání začíná při dosednutí plochy střížníku na stříhaný materiál.

- První fáze. V této fázi se projevuje pružný i plastický ohyb bez porušení soudržnosti materiálu. Před dosažením hodnoty meze kluzu dochází v ploše stříhu ke vzniku pružné deformace, po jejím překročení dochází k plastickému ohybu. Tato část tvoří přibližně 5 až 8 % tloušťky materiálu, je ovšem podmíněna mechanickými vlastnostmi stříhaného materiálu.
- Druhou fází je plastický stříh. V této fázi se materiál odděluje působením smykových napětí. Střížná hrana v této fázi vniká do materiálu v závislosti na pevnostních a plastických charakteristikách materiálu.
- V třetí fázi dochází k odtržení materiálu. V průřezu dochází k převaze tahových napětí, která podporují rychlé šíření trhlin. Důsledkem je oddělení materiálu.
- Poslední čtvrtou částí je vytlačení výstřižku. Tato část nastává po ukončení stříhání.



Obr. 8 Střížný proces [28]

Střížná plocha vznikající na materiálu během střížného procesu vnikáním střížných hran střížníku a střížnice do materiálu. Na této ploše lze rozeznat různá pásma jež vznikají v různých fázích střížného procesu (viz obr. 9). V okolí střížné plochy je materiál trvale deformován proto zde dochází ke zpevnění materiálu a poklesu tvárnosti. Toto zpevnění nabývá nejvyšších hodnot v místě střížné plochy tedy v místě, v němž jsou odděleny stříhané části od sebe.



- Oblast I: Pásmo pružné deformace vzniklé při vnikání střížníku do materiálu.
 Oblast II: Hladká a lesklá část střížné plochy, která je tvořena plastickým stříhem.
 Oblast III: Probíhá samovolné oddělení stříhané části pod smykovým napětím.
 h_s : Hloubka vniknutí střížné hrany v okamžiku oddělení.

Obr. 9 Střížná plocha [2]

2.2. Střížný odpor [13]

Je odpor kladený materiálem při stříhání. Je ovlivňován mnoha faktory, z nichž je jedním z nejdůležitějších stříhaný materiál a jeho mechanické vlastnosti. Velikost střížného odporu narůstá s poklesem tvárnosti a zvyšující se pevností materiálu. U větších tloušťek materiálu a delší linii stříhu tento odpor klesá. Dalším faktorem ovlivňujícím velikost střížného odporu je velikost střížné vůle, pokud velikost střížné vůle nabývá optimálních hodnot pro daný materiál je dosahováno nejnižších hodnot střížného odporu. Střížný odpor je dále ovlivňován velikostí tření, rychlostí stříhání (vyšší rychlost stříhání způsobuje nárůst střížného odporu), chlazením, mazáním (mazání snižuje střížný odpor), velikostí opotřebení střížných hran.

2.3 Střížná síla a střížná práce [3], [4], [6], [12]

Střížná síla je zásadním faktorem, který je nutno znát. Pro zhotovování součástí je zapotřebí určit vhodný tvářecí stroj, tento stroj nesmí být při pracovním procesu přetěžován, proto je nutné, aby jeho jmenovitá síla byla vyšší, než je střížná síla. Velikost střížné síly stanovíme jako součin střížné plochy (určená jako součin délky střížné hrany a tloušťky děleného materiálu) s mezí pevnosti ve smyku (tato hodnota se stanoví jako 75 % až 85 % z meze pevnosti stříhaného materiálu). Takto stanovená síla je během celého výrobního procesu konstantní, střížná síla ovšem narůstá vlivem opotřebení střížných hran, proto zavádíme tzv. součinitel otupení. Maximální střížná síla je pak určena dle vztahu:

$$F_s = S \cdot n \cdot \tau_s = l_s \cdot s \cdot n \cdot (0,75 \text{ až } 0,85) \cdot R_m \text{ [N]} \quad (2.1)$$

- kde: S – střížná plocha [mm^2]
 n – součinitel otupení (1,1 až 1,5) [-]
 τ_s – mez pevnosti ve smyku [MPa]
 l_s – délka střížné hrany [mm]
 s – tloušťka materiálu [mm]
 R_m – mez pevnosti v tahu [MPa]

Střížná práce je přímo závislá na velikosti střížné síly a hloubce vniknutí střížné hrany do materiálu (přehled koeficientů nalezneme v tabulce 3). Není však závislá na úhlu pod, kterým jsou střížné hrany skloněny. Střížnou práci lze tedy vypočítat vztahem (2.2).

$$A_s = k \cdot F_s \cdot s \text{ [J]} \quad (2.2)$$

kde: k – součinitel vniknutí střížných hran

Tab. 3 Přehled koeficientů hloubky vnikání do materiálu [5], [12]

Součinitel k				
Druh materiálu	Tloušťka materiálu s [mm]			
	do 1	1 až 2	2 až 4	nad 4
Ocel měkká středně tvrdá tvrdá	0,65 až 0,70	0,60 až 0,65	0,50 až 0,60	0,35 až 0,45
	0,55 až 0,60	0,50 až 0,55	0,42 až 0,50	0,40
	0,42 až 0,45	0,38 až 0,42	0,33 až 0,38	0,20 až 0,30
Mosaz měkká tvrdá	do 4		nad 4	
	0,50 až 0,60		0,50	
Hliník měkký tvrdý	0,20 až 0,30		0,20	
	0,45 až 0,65		0,45	
Dural měkký tvrdý	0,30 až 0,50		0,30	
	0,35 až 0,50		0,35	
	0,25 až 0,45		0,25	

2.4 Střížná vůle a střížná mezera [3], [13]

Střížná mezera je vzdáleností mezi protilehlými střížnými hranami (viz obr.10). Střížná vůle je součtem střížných mezer nacházejících se po obou stranách střížníku, je-li linií stříhu uzavřená křivka. Její velikost podstatně ovlivňuje kvalitu střížné plochy a velikost střížné síly. Při zmenšení střížné vůle dojde ke zvětšení střížné síly jen nepatrně avšak nárůst velikost střížné práce může činit až 40 %. Volbou správné velikosti střížné mezery zaručíme, že trhliny vzniklé během střížného procesu se setkají a v důsledku toho dojde ke správnému oddělení stříhané plochy a zajištění tvarové přesnosti výstřížku a v neposlední řadě také životnost střížného nástroje.



Obr. 10 Vliv velikosti střížné mezery na střížnou plochu [13]

Velikost střížné vůle ovlivňuje několik faktorů, jedním z nejdůležitějších je stříhaný materiál, a především jeho pevnost, tloušťka stříhaného materiálu, tvar výstřížku a materiál střížného nástroje. Určení velikosti střížné mezery pro plechy do tloušťky 3 mm se provádí dle rovnice 2.3, pro tloušťky plechů nad 3 mm pak dle rovnice (2.4).

$$z = \frac{v}{2} = 0,32 \cdot (0,005 \text{ až } 0,035) \cdot s \cdot \sqrt{\tau_s} \text{ [mm]} \quad (2.3)$$

$$z = \frac{v}{2} = 0,32 \cdot (1,5 \cdot s - 0,015) \cdot \sqrt{\tau_s} \text{ [mm]} \quad (2.4)$$

kde: z – střižná mezera [mm]

v – střižná vůle [mm]

Velikost střižné vůle lze také určit jako procentuální hodnotu z tloušťky stříhaného plechu a materiálu ze kterého je plech vyroben. Pro tuto metodu lze využít tabulku 4.

Tab. 4 Volba střižných vůlí dle stříhaného materiálu. [13]

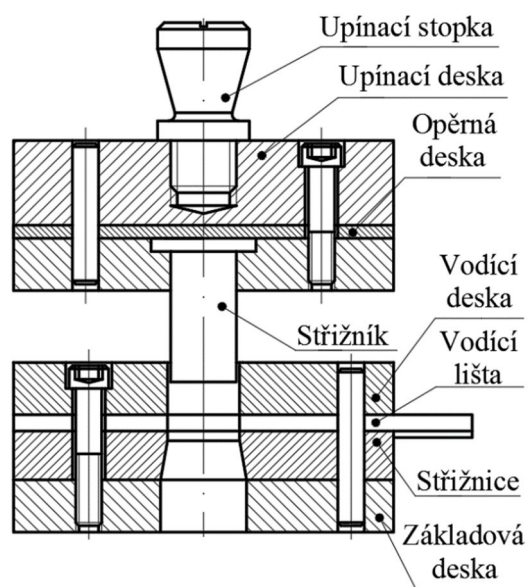
Stříhaný materiál	Střižná vůle [% tloušťky materiálu]	
	do 2,5 mm	2,5 mm až 6 mm
Ocel měkká	3 - 5	7 - 8
Ocel středně tvrdá	6	6 - 8
Ocel tvrdá	7 - 9	7 - 10
Hliník	4 - 7	5 - 9
Dural	7 - 8	7 - 10
Měď měkká	4 - 5	5 - 6
Měď polotvrdá a tvrdá	6 - 7	6 - 7
Mosaz měkká	4 - 5	4 - 6
Mosaz polotvrdá a tvrdá	5 - 6	5 - 7

2.5 Střižné nástroje [16]

Střižné nástroje jsou označovány podle jednotlivých operací, které provádějí. Těmito názvy jsou pak označovány jako například děrovač, ostříhovač, nastříhovač apod. Podle postupu stříhání mohou být stříhadla jednoduchá, postupová nebo sdružená.

2.5.1 Jednoduchý střižný nástroj

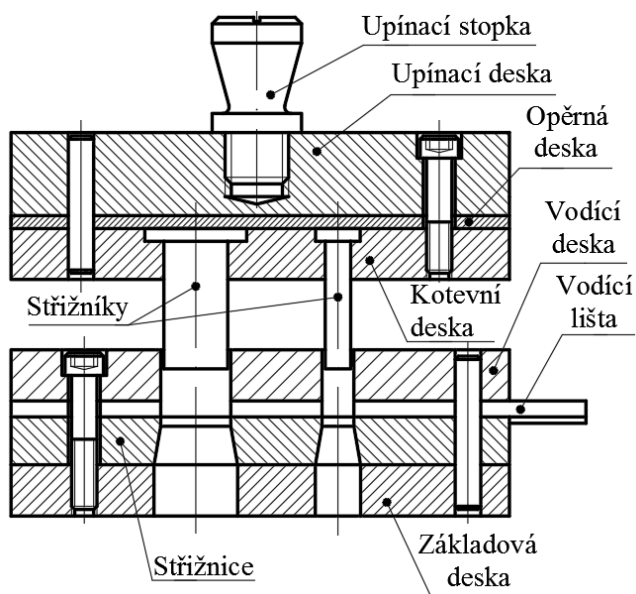
Jednoduché střižné nástroje (viz obr. 11) zhotovují součást na jeden zdvih tvářecího stroje. Tento typ nástrojů je využíván především pro výrobu výstřížků jednodušších tvarů nebo polotovarů pro další tvářecí operace jako jsou například přístřihy a rondele. Jednoduché nástroje mohou být v provedení bez vedení, s vedením (vodící stojánky, vodící deska) nebo s vedením kombinovaným (vodící deskou a stojánky). Nástroj je tvořen dvěma částmi horní pohyblivou částí a spodní pevnou částí.



Obr. 11 Jednoduchý střižný nástroj [16]

2.5.2 Postupový střížný nástroj

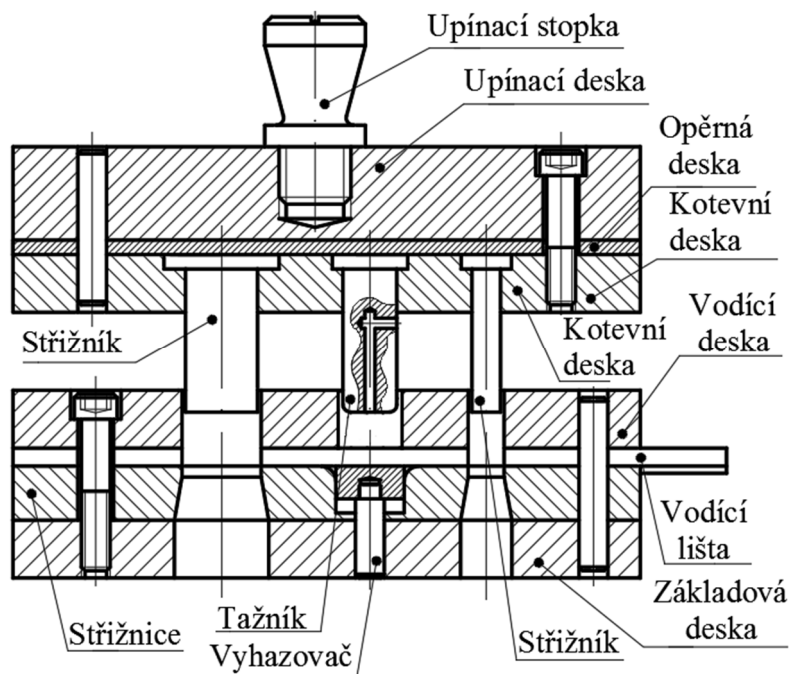
Postupový nástroj (viz obr. 12) zhotovuje součást na více zdvihů stroje. Výrobní proces je rozdělen do kroku. V každém kroku je za pomoci jednoho či více střížníků provedeno vystřížení části tvaru součásti. Po provedení každého zdvihu je polotovar posunut o velikost jednoho kroku. Při výrobě z pásu plechu se pro přesné určení posuvu využívá různých typů dorazů (načínací, zpětné apod.) při výrobě ze svitků je posuv řízen odvíjecím zařízením. Průchodem přes všechny kroky vznikne součást požadovaného tvaru.



Obr. 12 Postupový střížný nástroj [16]

2.5.3 Sdružený střížný nástroj

Sdružený střížný nástroj (obr. 13) slučuje dvě a více tvářecích operací. V tomto nástroji je například možné kombinovat operace jako jsou stříhání, ohýbání, tažení a ražení. Polotovarem může být svitek či pás plechu. Konstrukce těchto nástrojů bývá zpravidla složitější a také jejich pořizovací náklady jsou vyšší. Použitím těchto nástrojů lze však dosáhnout vyšší výrobní produktivity, snížení nákladů na výrobu součástí, odstranění mezioperačních přeprav.



Obr. 13 Sdružený střížný nástroj [16]

2.6 Materiály pro součásti střížných nástrojů [5]

Pro konstrukci střížných nástrojů je využívána široká škála materiálu z řad konstrukčních ocelí, nástrojových ocelí i litin. Volbu materiálu v první řadě ovlivňují faktory jako je tvar součásti, její funkce, namáhání jakým bude zatěžována a požadovaná životnost.

2.6.1 Konstrukční oceli [5]

Konstrukční oceli jsou využívány pro výrobu především nefunkčních součástí střížných nástrojů, avšak mohou být využity i pro součásti funkční je-li střížný nástroj určen pro stříhání malých sérií z měkkých materiálů. V tabulce 5 je uveden přehled konstrukčních ocelí a jejich možné využití při konstrukci střížných nástrojů.

Tab. 5 Přehled konstrukčních ocelí a jejich použití při konstrukci střížných nástrojů. [5]

Ocel		Vhodnost použití	Tepelné zpracování Tvrdość (HRC)
Typ	Označení dle ČSN		
Neušlechtilé	11 107, 11 110	Na drobné součásti nástrojů	
	11 340, 11 370	Pro méně namáhané součásti, opěrné desky	
	11 373, 11 375, 11 353, 11 423, 11 523	Pro svařování konstr. dílů nástrojů	
	11 500, 11 600	Pro klíny, pera, upínací a kotevní desky	
Zušlechtitelné	12 060, 12 061	Stírače, upínací hlavice, stopky, opěrné vložky	50 až 58
	12 040, 12 090, 13 180, 14 180,	Šroubové talířové a listové pružiny	Zušlechťeno 43 až 48
	14 260, 15 260	Talířové a nejnamáhanější pružinové součásti	45 až 46
	42 6450.2	Pružiny	Popuštěno
Cementační	12 010, 12 020	Součásti vodících mechanismů, sloupky, pouzdra	60 až 62
	14 120, 14 220	Součásti s velmi tvrdou cementační vrstvou	Cementováno 61 až 63
Na odlitky	42 2640, 42 2650	Pro rozměrnější desky a jiné součásti nástrojů	

2.6.2 Nástrojové oceli [5]

Nástrojové oceli jsou využívány především pro funkční součásti střížných nástrojů. Jedná se o oceli nelegované uhlíkové, středně legované, vysoce legované a oceli k cementování. Hlavním faktorem pro volbu materiálu je požadovaná životnost nástroje. Musí však být zváženo i ekonomické hledisko. Použitím materiálů s lepšími vlastnostmi než je nutné, bude dosaženo požadované životnosti, avšak tyto vlastnosti nebudou plně využity a dojde ke zbytečnému navýšení pořizovacích nákladů na střížný nástroj. Tabulka 6 uvádí přehled nástrojových ocelí a vhodnost jejich použití.

Tab. 6 Přehled nástrojových ocelí a jejich použití při konstrukci střížných nástrojů. [5]

Ocel		Vhodnost použití
Typ	Označení dle ČSN	
Ledeburitické a superledeburitické	19 436, 19 437 19 438, 19 572 19 571, 19 581	Na stříhadla s malým nárokem na houževnatost a dobrými střížnými podmínkami
Nízkolegované	19 312, 19 713 19 422, 14 200	Vyznačují se dobrou rozměrovou stálostí, vhodné pro střížníky
Pro velké tlaky	19 655, 19 614 19 622	Pro stříhadla vystavená velkým střížným silám a vylamování břitů
Odolné proti rázu	19 356, 19 421	Oceli odolné proti velkým rázům
	19 733, 19 732 19 740, 19 452	Pro stříhadla vystavená velkým rázům a namáhání v ohybu a tlaku
	19 221, 19 191 19 222, 19 192 19 152, 19 132	Pro málo namáhaná stříhadla a střížníky

2.6.3 Litiny [5]

Litina je vhodným materiálem pro méně namáhané a rozměrné součásti jako jsou např. základové desky. Litiny je také vhodné použít pro vodící elementy. Grafit, který je v nich obsažen slouží jako mazivo. Tabulka 7 uvádí některé litiny pro střížné nástroje.

Tab. 7 Přehled litin a jejich použití při konstrukci střížných nástrojů. [5]

Litina		Pevnost v tahu [MPa]	Tažnost [%]	Vhodnost použití
Typ	Označení dle ČSN			
Litina s lupínkovým grafitem (dříve šedá)	42 2430	300		Značně namáhané součásti tlustších stěn
	42 2425	250		Značně namáhané součásti stojánky
Očkováná	42 2456			Pro součásti kde jsou vyžadovány dobré kluzné vlastnosti, ložiska
Litina s kuličkovým grafitem (dříve tvárná)	42 2304	400	12	Pro vyšší tlaky a namáhání
	42 2305	500	7	
	42 2303	370	17	Pro dynamicky namáhané desky, vyšší tlaky

3 OHÝBÁNÍ [3], [12]

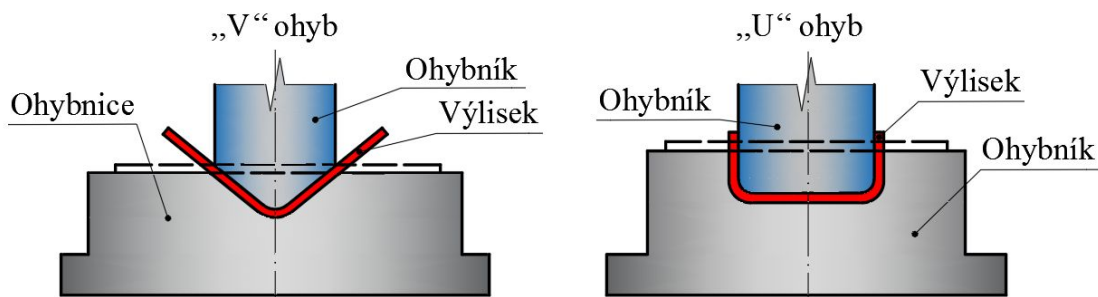
Ohýbání je metoda tváření, při které dochází působením ohybového momentu k trvalému deformování materiálu, kterým je dosahováno požadovaných tvarových změn bez výrazné změny průřezu. Ohýbání je děleno dle několika dle kritérií:

- Podle způsobu pohybu nástroje:
 - Ohýbání na lisech. Ohýbání materiálu je prováděno v nástrojích, které se nazývají ohýbadla.
 - Ohýbání za pomoci válců. Ohýbání materiálu provádí válece konající otáčivý pohyb.
- Podle působícího zatížení:
 - Ohýbání momentem.
 - Ohýbání zatěžovací silou, které nastává při ohýbání v ohýbadlech.
 - Ohýbání posouvací silou, ohýbáním na ohýbačkách.
- Podle velikosti ohybu:
 - Ohýbání s malým poloměrem ohybu a velkém stupni plastického přetvoření, Jedná se o ohýbání do úhlu nebo o určitý úhel.
 - Ohýbání s velkým poloměrem ohybu při relativně malém plastickém přetvoření, Jde o ohýbání do oblouku.

3.1 Základní metody ohýbání [3], [13]

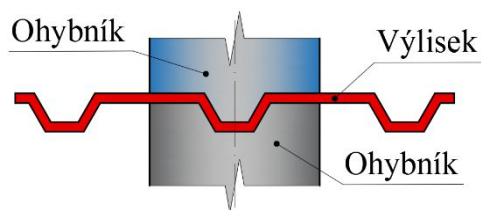
Ohýbání lze rozdělit na několik základních metod:

- Ohýbání na lisech v nástrojích (viz obr. 14). Tato metoda se dělí dle tvaru konečného ohybu a to na ohýbání do tvaru V a do tvaru U. Jedná se o tváření rovinného polotvaru do výlisku, který je tvořen plochami, které jsou vůči sobě různě orientovány. Různá orientace ploch vzniká vytvořením zaoblených hran o určitém poloměru ohybu.



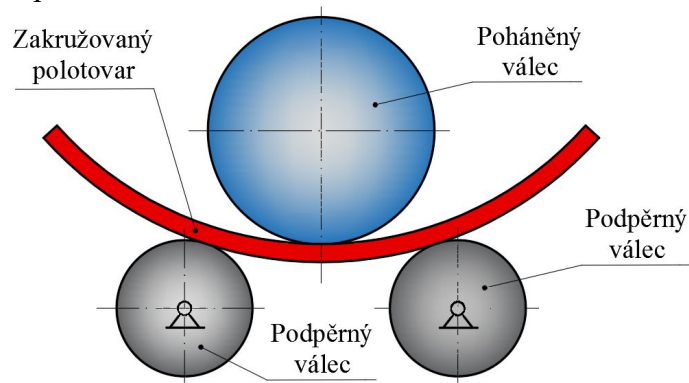
Obr. 14 Schéma ohýbání v nástrojích [13]

- Ohraňování (viz obr. 15). Jedná se o metodu jednoduchého ohýbání, prováděného na jednoúčelovém stroji nazývaném ohraňovací lis. Ohraňovací lisy jsou vybaveny upínáním pro nástroje v délce několika metrů. Do těchto upínačů je možno upínat nástroje pro tváření rozměrných přístřihů nebo několik rozdílných nástrojů po jeho délce pro zhotovení různých ohybů výlisku na jednom stroji. Ohraňováním jsou zhotovovány především rozměrné a tvarově složité výlisky jako jsou rámové konstrukce, součásti železničních vozů apod.



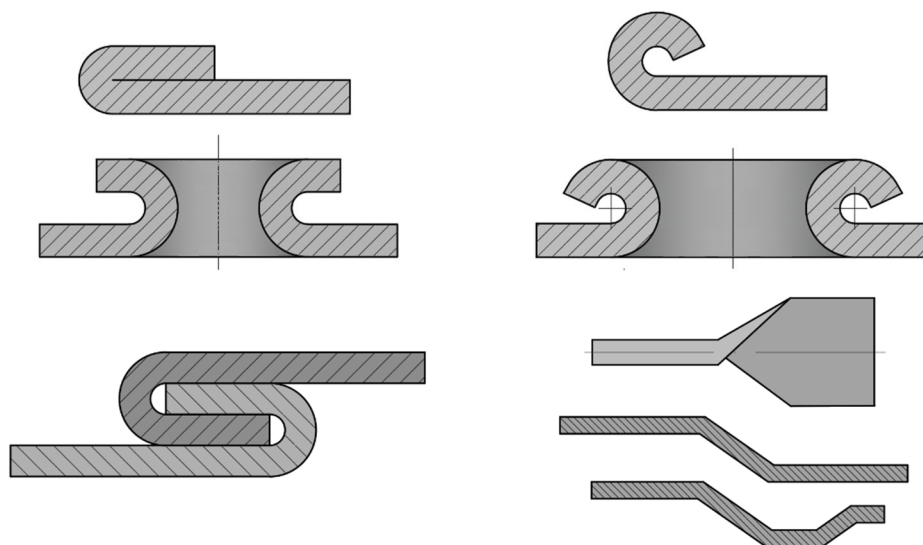
Obr. 15 Schéma ohraňování [13]

- Zakružování (viz obr. 16) je technologií, která vytváří válcové nebo kuželové výlisky působením hladkých válců na rovinný polotovar. Zakružování využívá namísto ohybu plynulý posuv po délce polotovaru a tím postupně dochází ke zvětšování zakřivení až do požadované hodnoty. Použitím tvarových válců lze zakružovat profily, tyče a trubky. Zakružování plechů je prováděno na zakružovačkách, které jsou na základě vzájemné polohy přítlačných a podpěrných válců děleny na symetrické a nesymetrické a dále jsou rozdělovány dle počtu válců.



Obr. 16 Schéma zakružování [13]

- Rovnání slouží k odstranění nežádoucí deformace na výliscích, svařencích či hutních polotovarech, která je způsobena jejich výrobou. Nejjednodušším způsobem odstranění těchto deformací je působením zatížení v opačném směru, než jsou deformovány. Tyto deformace ohybem musí dosahovat takových hodnot, aby po odlehčení a následném odpružení zůstala součást rovná.
- Dalšími ze základních metod ohýbání jsou metody, které upravují tvary okrajových částí plechů nebo otvorů v nich vytvořených. Mezi tyto metody je zařazováno lemování a obrubování (viz obr. 17). Další používanou metodou, která slouží k pevnému spojení plechů za pomoci předehtnutých okrajů, které jsou zaháknuty do sebe a následně stlačeny k sobě je drápkování. Posledními metodami jsou zkrucování, osazování a prosazování upravující rovinný tvar plechu na prostorový výlisek.



Obr. 17 Příklady lemování, obrubování, drápkování, zkrucování, osazování a prosazování [12]

3.2 Ohýbací síla a práce [3], [12]

Velikost síly, kterou je nutno zatížit polotovár pro zhotovení ohybu je závislá na použitém druhu ohybu. Při použití ohybu tvaru V se využívá vztahu (3.1) je-li zhotovován ohyb tvaru U výpočet je prováděn pomocí vztahu (3.2).

$$F_o = \frac{R_e \cdot b \cdot s^2}{2 \cdot R_o} \cdot \tan \frac{\alpha}{2} \quad [N] \quad (3.1)$$

kde: R_e – mez kluzu [MPa]
 b – šířka ohybu [mm]
 R_o – poloměr ohybu [mm]
 α – úhel ohybu [°]

$$F_o = (1 - 7 \cdot \mu) \cdot \frac{R_e \cdot b \cdot s^2}{R_o + s} \quad [N] \quad (3.2)$$

kde: μ – součinitel tření [-]

Je-li při ohýbání do tvaru U použito přidržovače musí být ohýbací síla navýšena o hodnotu velikosti síly přidržovače, která je asi 25 až 30 % z ohýbací síly a lze určit výpočtem dle vztahu (3.3).

$$F_p = (0,25 \text{ až } 0,3) \cdot F_o \quad [N] \quad (3.3)$$

Ohýbací práci lze určit dle vztahu 3.4, který slouží pro výpočet práce při použití ohybu tvaru V. Vztahem 3.5 určujeme velikost práce při zhotovení ohybu tvaru U bez přidržovače, při použití přidržovače je práce stanovena vztahem (3.6).

$$A_o = F_o \cdot h \cdot \psi \quad [J] \quad (3.4)$$

kde: A_o – ohýbací práce [J]
 h – pracovní zdvih [mm]
 ψ – koeficient plnosti diagramu (0,5 až 0,65) [-]

$$A_o = F_o \cdot h \cdot \psi \quad [J] \quad (3.5)$$

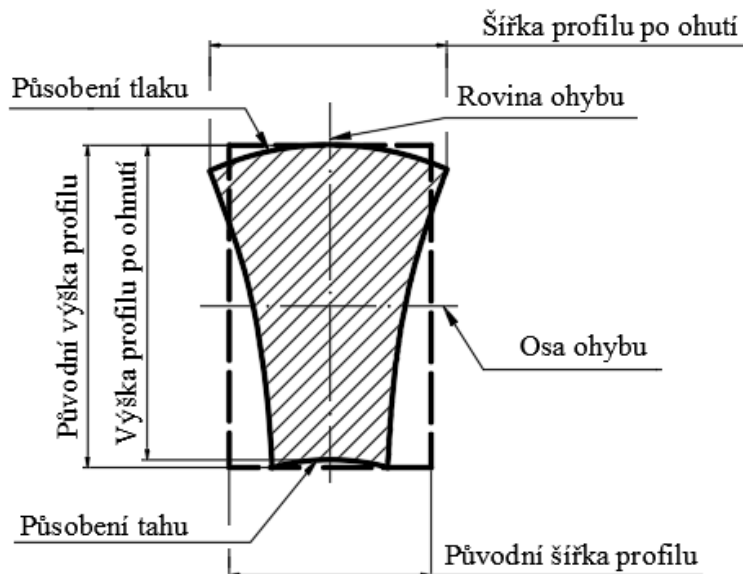
$$A_o = (F_o + F_p) \cdot h \cdot \psi \quad [J] \quad (3.6)$$

3.3 Neutrální vrstva [12], [13]

Neutrální vrstva ohýbaného průřezu a její poloha je velice důležitá pro určení velikosti rozvinu tvářené součásti. Deformováním původního průřezu dochází ke zmenšení délky oblouku, a to především u součástí složitějších tvarů zhotovovaných několika ohyby. Ohýbáním s velkým poloměrem zaoblení, kde dochází k malým trvalým deformacím průřezu a poměr poloměru ohybu R_o s tloušťkou s je menší nebo roven 12 bývá poloha neutrální vrstvy uvažována jako nezměněná, a tedy ve středu materiálu. Poté pro polohu neutrální vrstvy platí vztah (3.7).

$$\rho = R_o + \frac{s}{2} \quad [mm] \quad (3.7)$$

Použitím ohýbacích nástrojů jsou vytvářeny ohyby s malými poloměry zaoblení, kde poměr poloměru ohybu a tloušťky je menší nebo roven 6. Zde také dochází ke značným deformacím a změnám původního průřezu (viz obr. 18) tím dochází k posouvání neutrální vrstvy na stranu vláken, která jsou stlačována. V celé délce ohybu dochází k rozdílnému ztenčení průřezu a tím je i poloha neutrální vrstvy v různých částech oblouku rozdílná její průběh je poté parabolický. Tento průběh se v praxi nahrazuje kružnicovým obloukem o poloměru ρ . Tento poloměr lze stanovit vztahem (3.8) a je určen pro oblast kde dochází k největšímu ztenčení průřezu (viz obr. 19).

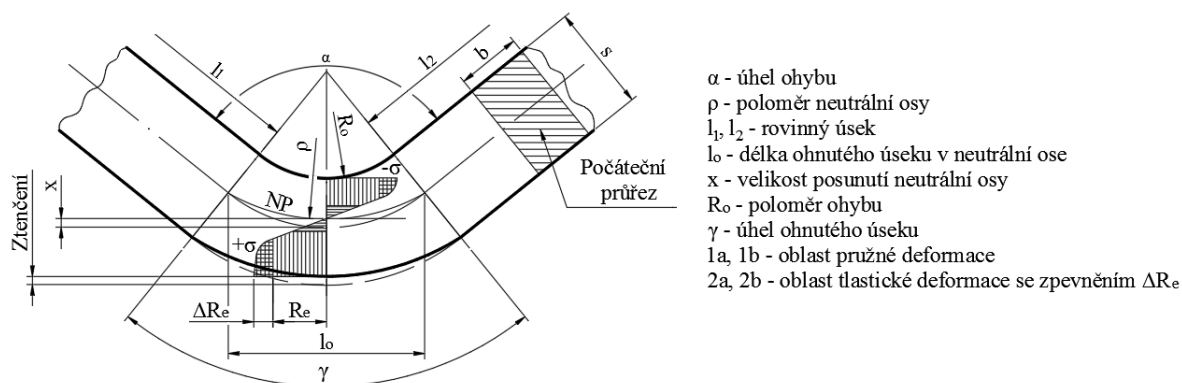


Obr. 18 Změna profilu při ohýbání [33]

$$\rho = \left(R_o + \frac{s}{2}\right) \cdot z_z \cdot z_r \quad [\text{mm}] \quad (3.8)$$

kde: z_z – součinitel ztenčení [-]

z_r – součinitel rozšíření původního průřezu [-]



Obr. 19 Poloha neutrální vrstvy [13]

Polohu neutrální osy lze také určit vztahem (3.9).

$$\rho = R_o + x \cdot s \quad [\text{mm}] \quad (3.9)$$

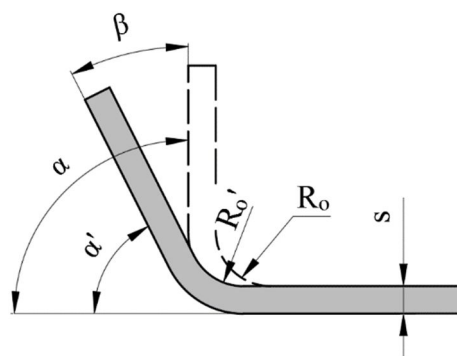
kde: x – koeficient posunutí neutrální vrstvy [-]

Tab. 8 Koeficienty posunutí neutrální vrstvy. [13]

Mez pevnosti R_m [MPa]	Poměr R_o/s											
	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
do 400	0,25	0,30	0,32	0,34	0,36	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,44	0,45
nad 400	---	---	---	---	---	---	---	---	0,35	0,36	0,37	0,38
	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
do 400	0,46	0,47	0,48	0,49	0,49	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
nad 400	0,40	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,47	0,48	0,48	0,49	0,49

3.4 Odpružení ohýbaných součástí [3], [4], [12], [13]

K odpružení o úhel β dochází přestane-li na součást působit ohýbací síla. Materiál má snahu vrátit se do původního tvaru. Tento jev je způsoben pružnými vlastnostmi materiálu a je ovlivněn poloměrem ohybu, úhlem ohybníku, velikostí síly působící na konci ohýbací operace (kalibrovací nebo vyrovnávací síla) a tloušťkou ohýbaného plechu. S narůstající tloušťkou materiálu a klesající hodnotou poloměru ohybu dosahuje odpružení nižších hodnot, se zvětšující se pevností velikost odpružení narůstá. Velikost úhlu odpružení β je rozdíl mezi skutečným úhlem α' a uvažovaným úhlem α (viz obr. 20). Tuto velikost je možné určit výpočtem dle vztahů (3.10) pro ohyb tvaru V a (3.11) pro ohyb tvaru U. Velikost odpružení lze také stanovit z diagramů pro jednotlivé materiály, které jsou získány z experimentálních měření a zkoušek.



Obr. 20 Odpružení [12]

$$\tan \beta = 0,375 \cdot \frac{l_{oh} \cdot R_e}{k_o \cdot s \cdot E} \quad [-] \quad (3.10)$$

kde: l – vzdálenost ohýbacích hran [mm]

k_o – součinitel pro výpočet odpružení (viz tab. 9) [-]

E – modul pružnosti v tahu [MPa]

$$\tan \beta = 0,75 \cdot \frac{l_m \cdot R_e}{k_o \cdot s \cdot E} \quad [-] \quad (3.11)$$

kde: l_m – rameno ohybu [mm]

Tab. 9 Součinitel k_o pro určení odpružení. [13]

Poměr R_o/s	0,1	0,25	0,5	1	2	3	4	5	6	8	10	15	20
Součinitel k_o	0,68	0,65	0,62	0,58	0,54	0,53	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,5	0,5

4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

4.1 Vyráběná součást

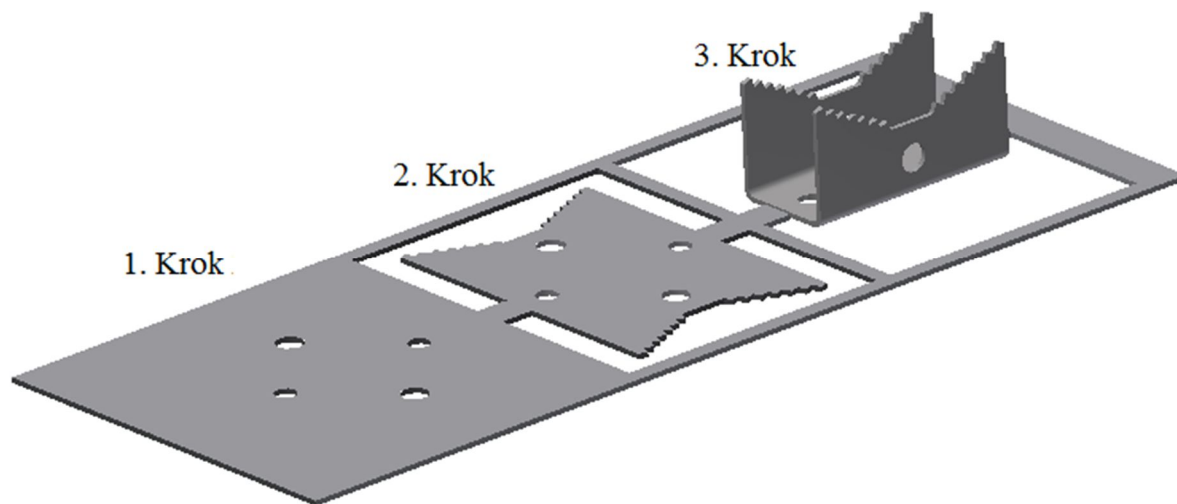
Součástí je tělo držáku kabelu z korozi-vzdorné oceli X5CrNi18-10 ve tvaru písmene U o rozměrech 65x30 mm a výšce 34 mm (viz obr. 21) s vybráním do tvaru písmene V a drážkováním po jeho hranách. Drážky jsou symetricky rozloženy v počtu šesti drážek na každé ze stran vybrání, tato vybrání se nacházejí na obou stranách součásti. Dále jsou v součásti čtyři otvory, dva o průměru 8 mm nacházející se pod vybráním. Zbylé dva mají průměr 6,5 mm a jsou umístěny v čele držáku. V čelní straně držáku se také nachází ražené logo. Tvar a rozměry součásti jsou z hlediska technologičnosti bez problémů vyrobitelné nebylo je tedy nutné nijak upravovat.



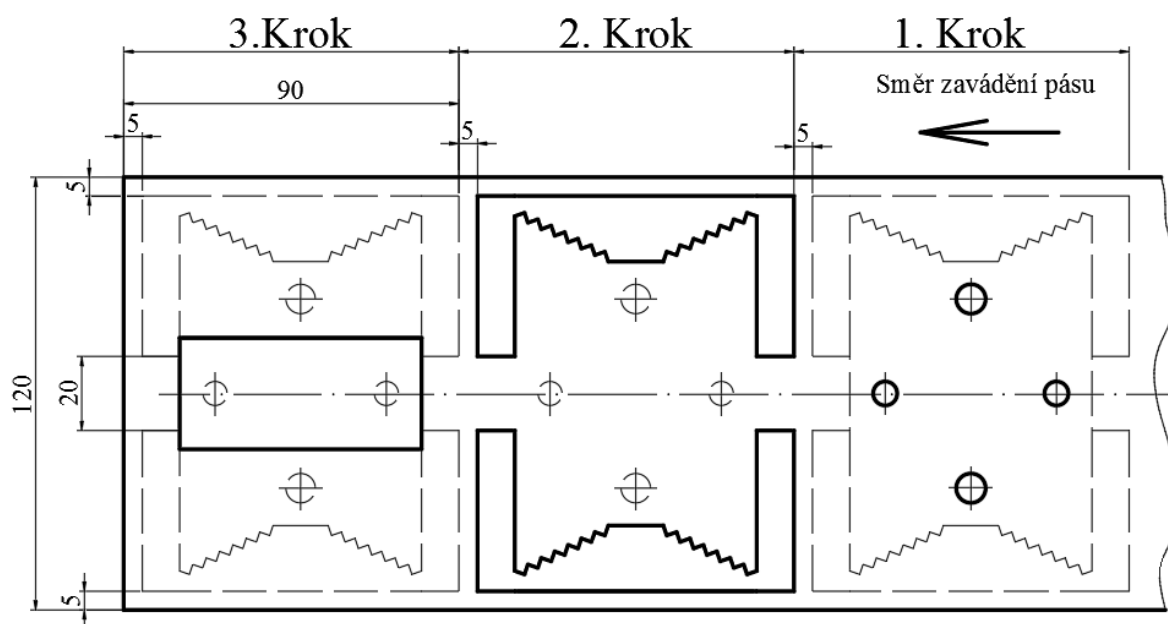
Obr. 21 Vyráběná součást

4.2 Počet operací a jejich rozložení

Pro zhotovení součásti byl navržen postup výroby na tři kroky (viz obr. 22). V prvním kroku dochází k vystřížení všech čtyř otvorů. Následujícím krokem je zajištění zhotovení celého obvodu součásti za pomoci dvou obvodových střížníků. Otvory o průměru 6,5 mm jsou využity pro zahledání při zhotovování obvodu součásti. Součást je však stále spojena s polotovarem pomocí můstků. V posledním kroku jsou sdruženy tři operace. Nejdříve je součást oddělena od polotovaru střížnými hranami ohybníku, následným pohybem ohybníku je součást přes ohýbací čelisti ohýbána do požadovaného tvaru. Dosednutím vyhazovače dochází vyražení loga do čela součásti. Velikost kroků byla zvolena na 90 mm (viz obr. 23).



Obr. 22 Postup výroby



Obr. 23 Nástřihový plán

4.3 Konstrukční výpočty

❖ Střížná vůle:

Součást je zhotovena z plechu o tloušťce 1,5 mm. Střížná vůle byla stanovena dle vztahu (2.3), který je určen pro výpočet střížné vůle při výrobě z plechu tloušťky 3 mm a menší.

$$z = \frac{v}{2} = 0,32 \cdot (0,015 \text{ až } 0,035) \cdot s \cdot \sqrt{\tau_s} = 0,32 \cdot 0,01 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{600} = 0,1175 \text{ mm}$$

$$v = 2 \cdot z = 2 \cdot 0,1175 = 0,235 \text{ mm} \Rightarrow 0,24 \text{ mm}$$

Vypočtená střížná vůle byla zaokrouhlena na 0,24 mm.

❖ Ohýbací vůle [10]

$$v_o = s + s \cdot c \text{ [mm]} \quad (4.1)$$

kde: c – součinitel zahrnující tření (0,1 až 0,15) [-]

$$v_o = 1,5 + 1,5 \cdot 0,1 = 1,65 \text{ mm}$$

❖ Poloha neutrální vrstvy

Poloha neutrální vrstvy byla určena podle vztahu (3.9) a tabulky 8 ze které byl určen koeficient posunutí neutrální osy. Určení této hodnoty bylo nezbytně nutné pro určení výpočtů v následujících krocích.

$$\rho = R_o + x \cdot s = 2 + 0,36 \cdot 1,5 = 2,54 \text{ mm}$$

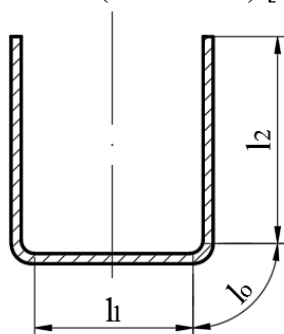
❖ Rozměru rozvinuté části:

Délka rozvinuté části byla stanovena vzorcem (4.3). Pro výpočet délky rozvinu musela být stanovena také délka oblouku. Součet délky oblouků s rovinnými rozměry určil délku rozvinu.

$$l_o = \frac{\pi \cdot \rho \cdot \alpha}{180} = \frac{\pi \cdot 2,54 \cdot 90}{180} = 3,989 \Rightarrow 4 \text{ mm} \quad (4.2)$$

$$l_{roz} = 2 \cdot l_o + l_1 + 2 \cdot l_2 = 8 + 27 + 60,3 = 95,3 \text{ mm} \quad (4.3)$$

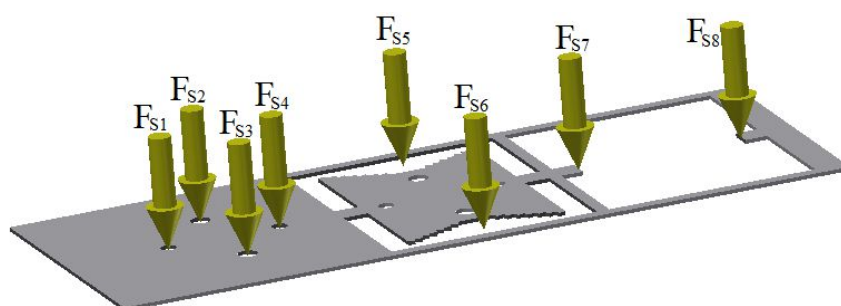
kde: l_1 a l_2 délky rovinných úseků (viz obr. 24) [mm]



Obr. 24 Délky částí součásti

❖ Střížné a ohýbací síly

Střížná síla byla určena jako suma dílčích střížných sil (viz obr. 25), které byly vypočteny pro jednotlivé střížné operace dle vztahu (2.1). Ohýbací síla byla určena vztahem (3.2). Po stanovení všech sil byla vypočtena celková a maximální střížná síla nutná pro volbu tvářecího stroje.



Obr. 25 Rozložení střížných sil

• Výpočet dílčích střížných sil:

$$F_{S1} = l_s \cdot s \cdot n \cdot 0,8 \cdot R_m = (\pi \cdot 6,5) \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8 \cdot 750 = 23891,8 \text{ N} \Rightarrow 23892 \text{ N}$$

$$F_{S2} = F_{S1} = 23892 \text{ N}$$

$$F_{S3} = l_s \cdot s \cdot n \cdot 0,8 \cdot R_m = (\pi \cdot 8) \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8 \cdot 750 = 29405,3 \text{ N} \Rightarrow 29406 \text{ N}$$

$$F_{S4} = F_{S3} = 29406 \text{ N}$$

$$F_{S5} = l_s \cdot s \cdot n \cdot 0,8 \cdot R_m = 370,91 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8 \cdot 750 = 433964,7 \text{ N} \Rightarrow 433965 \text{ N}$$

$$F_{S6} = F_{S5} = 433965 \text{ N}$$

$$F_{S7} = l_s \cdot s \cdot n \cdot 0,8 \cdot R_m = 20 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8 \cdot 750 = 23400 \text{ N}$$

$$F_{S8} = F_{S7} = 23400 \text{ N}$$

• Výpočet maximální střížné síly:

$$F_{max} = 2 \cdot F_{S5} = 2 \cdot 433965 = 867930 \text{ N}$$

• Výpočet ohýbací síly:

$$F_o = (1 - 7 \cdot \mu) \cdot \frac{R_e \cdot b \cdot s^2}{R_o + s} = (1 - 7 \cdot 0,1) \cdot \frac{230 \cdot 65 \cdot 1,5^2}{2 + 1,5} = 2883,2 \Rightarrow 2884 \text{ N}$$

- Výpočet celkové síly:

$$F_C = F_S + F_o = 1021326 + 2884 = 1024210 \text{ N} \quad (4.4)$$

kde: F_c – celková síla [N]

Odstupňováním délek střížníků bylo dosaženo maximální střížné síly ve druhém kroku kdy dochází ke stříhání obvodovými střížníky. Tato síla nabývá hodnoty 867930 N.

- ❖ Velikost odpružení

Odpružení bylo vypočteno podle vzorce (3.11) uvedeného v kapitole 3.4.

$$\tan \beta = 0,75 \cdot \frac{l_m}{k_o \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} = 0,75 \cdot \frac{16}{0,58 \cdot 1,5} \cdot \frac{230}{210000} = 0,01512 \Rightarrow \beta = 0,015^\circ$$

- ❖ Střížná a ohýbací práce

Výpočet střížné práce byl proveden za pomoci vztahu (2.2) a tabulky 3 ze které byl určen koeficient hloubky vníkaní střížných hran do materiálu. Ohýbací práce byla stanovena dle vzorce (3.5).

- Výpočet střížné práce:

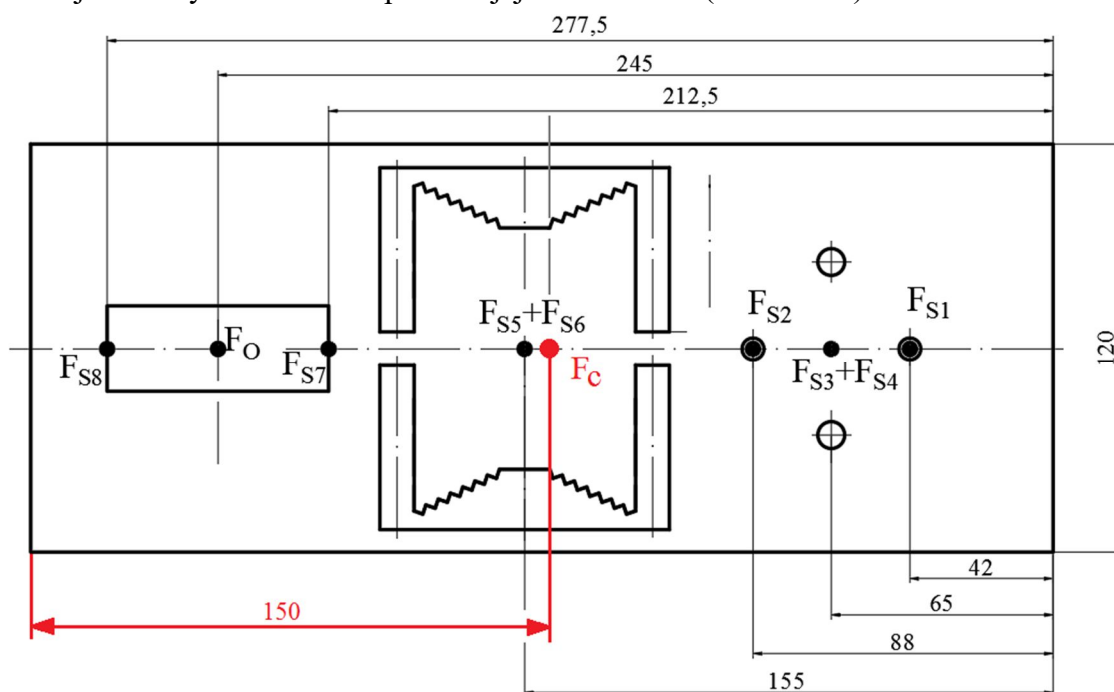
$$A = k \cdot F_S \cdot s = 0,4 \cdot 1021326 \cdot 1,5 = 612795,6 \Rightarrow 612796 \text{ J}$$

- Výpočet ohýbací práce:

$$A_o = F_o \cdot h \cdot \psi = 2884 \cdot 20 \cdot 0,58 = 33454,4 \Rightarrow 33455 \text{ J}$$

- ❖ Těžiště působících sil [1]

Odstupňováním délek střížníků dochází k jejich postupnému vníkaní do materiálu. Dochází tak ke změně polohy těžiště sil v různých okamžicích tvářecího procesu. Přesto bylo rozhodnuto umístit stopku do těžiště sil. Poloha těžiště sil byla stanovena dle vzorce (4.5) na základě jednotlivých tvářecích operací a jejich dílčích sil (viz obr. 26).



Obr. 26 Působíště sil

$$x_T = \frac{\sum F_i x_i}{\sum F_i} \quad [mm] \quad (4.5)$$

kde: x_T – poloha těžiště sil v ose x [mm]

F_i – působící síly [N]

x_i – poloha síly v ose x [mm]

$$y_T = \frac{\sum F_i y_i}{\sum F_i} \quad [mm] \quad (4.6)$$

kde: y_T – poloha těžiště sil v ose y [mm]

y_i – poloha síly v ose y [mm]

Pro výpočet těžiště sil byl použit pouze výpočet v ose x. V ose y je součástí symetrická proto se těžiště nachází v její polovině.

$$x_T = \frac{(23892 \cdot 42) + 2 \cdot (29406 \cdot 65) + (23892 \cdot 88) + 2 \cdot (433965 \cdot 155) + (23400 \cdot 212,5) + (2884 \cdot 245) + (23400 \cdot 277,5)}{1021326}$$

$$x_T = \frac{151527974}{1024210} = 149,998 \Rightarrow 150 \text{ mm}$$

$$y_T = 80 \text{ mm}$$

Vypočtená poloha těžiště působících sil se nachází téměř ve středu desky proto bude upínací stopka v ose x a ose y umístěna do středu.

❖ Kontrola na otláčení [1]

Kontrola na otláčení opěrné desky byla provedena u střížníku průměru 6,5 mm a 8 mm. Maximální hodnota dovoleného otláčení pro kalenou opěrnou desku byla stanovena na 1800 MPa. Pro vyhovující stav musela být splněna podmínka vztahu (4.7).

$$\sigma \leq \sigma_{dov} \quad (4.7)$$

kde: σ – otláčení [MPa]

σ_{dov} – dovolené otláčení [MPa]

$$\sigma = \sigma = \frac{\pi \cdot d \cdot s \cdot 0,8 \cdot R_m}{\frac{\pi \cdot d_h^2}{4}} \quad [MPa] \quad (4.8)$$

Kde: d_h – průměr osazení střížníku

- Výpočet otláčení pro střížník průměru 6,5 mm

$$\sigma = \frac{\pi \cdot d \cdot s \cdot 0,8 \cdot R_m}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{\pi \cdot 12 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 750}{\frac{\pi \cdot 12^2}{4}} = 300 \text{ MPa}$$

- Výpočet otláčení pro střížník průměru 8 mm

$$\sigma = \frac{\pi \cdot d \cdot s \cdot 0,8 \cdot R_m}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{\pi \cdot 14 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 750}{\frac{\pi \cdot 14^2}{4}} = 257,14 \Rightarrow 554 \text{ MPa}$$

Pro oba výpočty bylo zjištěno že hodnoty otláčení dosahují nižších hodnot, než je maximální přípustná hodnota pro kalenou opěrnou desku. Otláčení způsobená hlavami střížníků dosahují nízkých hodnot neumožňují však konstrukci nástroje bez opěrné desky.

❖ Kritická délka střižníku [10]

Dalším zjišťovaným ukazatelem je kritická délka střižníku, která nesmí být přesažena. Střižník s větší délkou přestává být zatížen prostým tlakem, dochází ke vzpěru způsobujícího vybočení střižníku a jeho poškození. Kontrola byla provedena dle vzorce (4.9).

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot E \cdot I}{k_b \cdot F_s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot E \cdot \frac{\pi \cdot d^4}{64}}{k_b \cdot F_s}} \quad [mm] \quad (4.9)$$

Kde: I – modul setrvačnosti [mm⁴]

k_b – koeficient bezpečnosti (1,5-2) [-]

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot E \cdot \frac{\pi \cdot d^4}{64}}{k_b \cdot F_s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot E \cdot \frac{\pi \cdot 8^4}{64}}{2 \cdot 29406}} = 94,98 \Rightarrow 94 \text{ mm}$$

Kritická délka střižníku byla stanovena na 95 mm. Pro výpočet byla použita nejvyšší hodnota koeficientu bezpečnosti zajišťující nejprísnejší kontrolu délky střižníku.

❖ Výrobní rozměry střižníků a střižnic [31]

Při práci nástroje dochází k opotřebovávání funkčních částí střižníků a střižnice a tím i ke změnám rozměrů vystřihované součásti. Pro střižníky o průměru 6,5 mm a 8 mm a obvodového střižníku byl využit vzorec (4.10) sloužící k výpočtu zmenšujících se rozměrů. Pro rozměry střižnice byl použit vztah (4.11).

$$RAD = \left(JR + \frac{P}{2} \right) - TA \quad [mm] \quad (4.10)$$

kde: RAD – rozměr střižníku pro děrování [mm]

JR – jmenovitý rozměr [mm]

P – přípustná míra opotřebování [mm]

TA – výrobní tolerance střižníku [mm]

$$RED = \left(JR + \frac{P}{2} + v \right) + TE \quad [mm] \quad (4.11)$$

kde: RED – rozměr střižnice pro děrování [mm]

TE – výrobní tolerance střižnice [mm]

- Výpočet výrobních rozměrů střižníku průměru 6,5 mm:

$$RAD = \left(JR + \frac{P}{2} \right) - TA = \left(6,5 + \frac{0,310}{2} \right) - 0,074 = 6,66_{-0,074}^{+0} \text{ mm}$$

- Výpočet výrobních rozměrů střižníku průměru 8 mm:

$$RAD = \left(JR + \frac{P}{2} \right) - TA = \left(8 + \frac{0,310}{2} \right) - 0,074 = 8,16_{-0,074}^{+0} \text{ mm}$$

- Výpočet výrobních rozměrů obvodového střižníku:

$$RAD = \left(JR + \frac{P}{2} \right) - TA = \left(85 + \frac{0,46}{2} \right) - 0,12 = 85,23_{-0,12}^{+0} \text{ mm}$$

$$RAD = \left(JR + \frac{P}{2} \right) - TA = \left(45 + \frac{0,46}{2} \right) - 0,12 = 45,23_{-0,12}^{+0} \text{ mm}$$

$$RAD = \left(JR + \frac{P}{2} \right) - TA = \left(10 + \frac{0,31}{2} \right) - 0,074 = 10,16_{-0,07}^{+0} \text{ mm}$$

- Výpočet výrobních rozměrů střížnice pro střížník průměru 6,5 mm:
 $RED = \left(JR + \frac{P}{2} + v\right) + TE = \left(6,5 + \frac{0,31}{2} + 0,24\right) + 0,12 = 6,9_{-0}^{+0,12} \text{ mm}$
- Výpočet výrobních rozměrů střížnice pro střížník průměru 8 mm:

$$RED = \left(JR + \frac{P}{2} + v\right) + TE = \left(8 + \frac{0,31}{2} + 0,24\right) + 0,12 = 8,4_{-0}^{+0,12} \text{ mm}$$

- Výpočet výrobních rozměrů střížnice pro obvodový střížník:
 $RED = \left(JR + \frac{P}{2} + v\right) + TE = \left(85 + \frac{0,46}{2} + 0,24\right) + 0,19 = 85,47_{-0}^{+0,19} \text{ mm}$
 $RED = \left(JR + \frac{P}{2} + v\right) + TE = \left(45 + \frac{0,46}{2} + 0,24\right) + 0,19 = 45,47_{-0}^{+0,19} \text{ mm}$
 $RED = \left(JR + \frac{P}{2} + v\right) + TE = \left(10 + \frac{0,31}{2} + 0,24\right) + 0,12 = 10,4_{-0}^{+0,12} \text{ mm}$

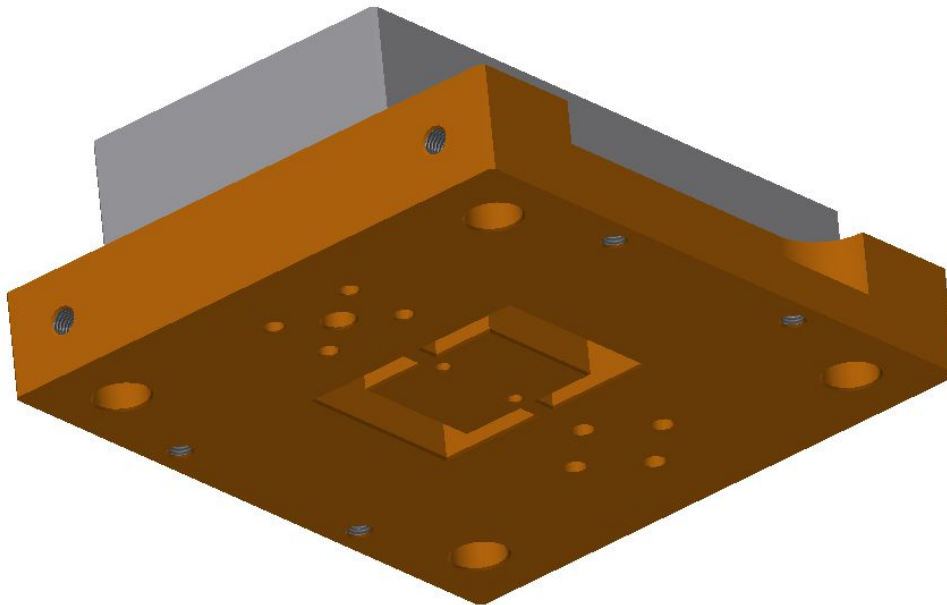
❖ Předběžná tloušťka střížnice [10]

Tloušťka střížnice byla určena základní metodou dle Oehlera tato metoda však nezahrnuje tvar střížnice a provedení propadů v základové desce.

$$H_s = \sqrt[3]{F_{max}} \text{ [mm]} \quad (4.12)$$

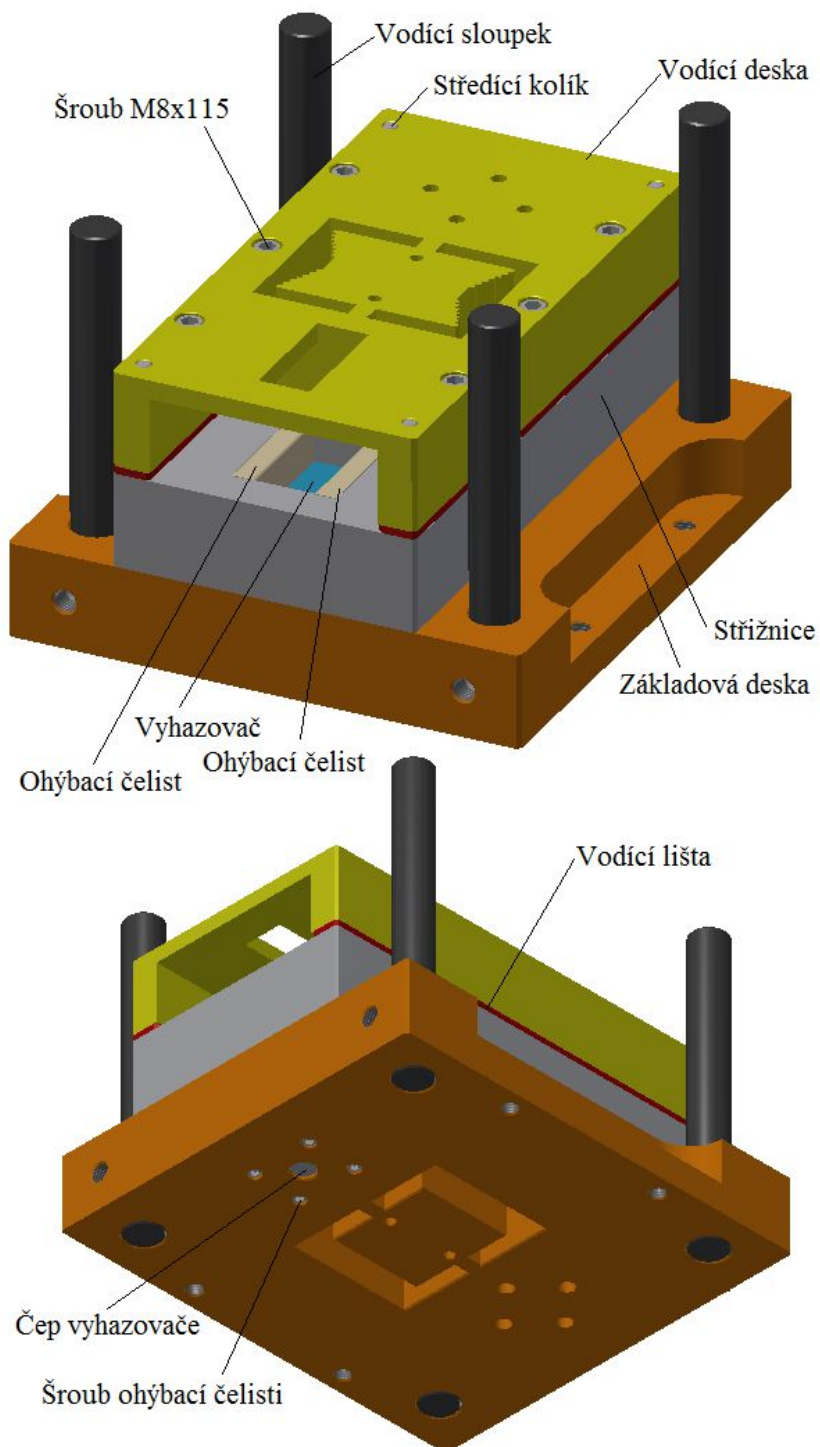
$$H_s = \sqrt[3]{F_{max}} = \sqrt[3]{445665} = 76,38 \text{ mm}$$

S ohledem na konstrukční návrh základové desky (viz obr. 27), která je řešena tak aby docházelo k podpoře střížnice v co největší ploše styku byla tloušťka střížnice stanovena na 50 mm



Obr. 27 Konstrukční řešení základové desky

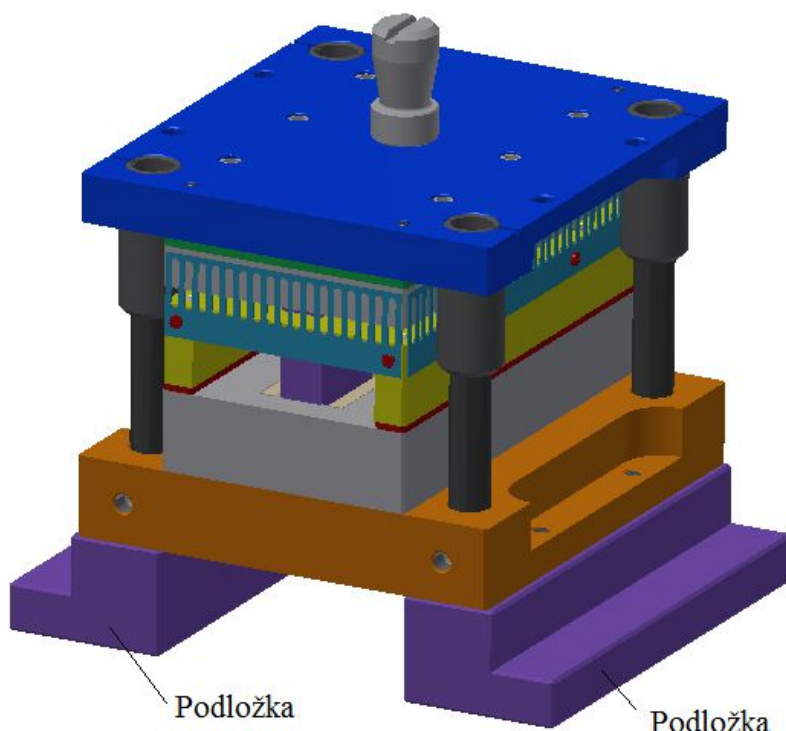
Spodní část (viz obr. 29) nástroje je tvořena základovou deskou, vodící deskou, vodícími lištami a střížnicí, která byla navržena s vybráním pro vložení ohýbacích čelistí upínaných pomocí šroubů M5 ČSN EN ISO 4762 šroubovaných do čelistí zespod skrz střížnici a základovou desku. Mezi tyto čelisti je také umístěn pružinový vyhazovač zajišťující vysunutí ohnuté součásti. Na čele vyhazovače je také vytvořena raznice pro ražení loga na součást. Dalšími součástmi umístěnými ve spodní části nástroje jsou vodící sloupky, které jsou zalisovány do základové desky. Spodní část je spojena šesti šrouby M8x115 ČSN EN ISO 4762. Vystředění všech součástí je provedeno pomocí čtyř kolíků 8 mm s délkou 124 mm.



Obr. 29 Spodní část nástroje

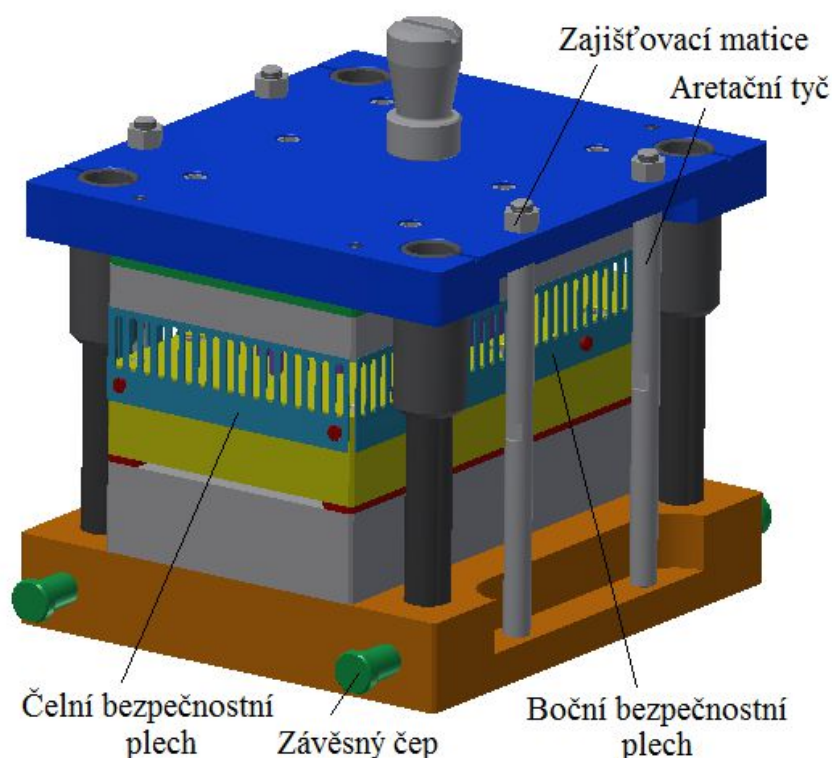
Celková vypočtená síla byla stanovena na 1021326 N velikost této síly je především ovlivněna stříhaným materiálem a délkou střížné hrany u obvodového střížníku. Pro snížení tvářecí síly byly upraveny délky střížníků. Nejdříve se do záběru dostává ohybník odstříhující součást z můstků a následně ji ohýbá, poté dochází ke stříhání obvodu a poslední se do záběru dostávají střížníky zhotovující otvory v součásti. Nejvyšší hodnota působících sil v jednom okamžiku je tedy součtem maximální střížné a ohýbací síly 870814 N.

Celková výška nástroje dosahuje v sevřeném stavu 224 mm s ohledem na sevření použitého lisu, které činí 380 mm po využití přestavitelnosti beranu, která je 90 mm lze sevření lisu snížit na 290 mm. Velikost nástroje by neumožnila jeho upnutí do zvoleného stroje, proto bude celý nástroj vypodložen podložkami (obr.30) o výšce 66 mm. Pro spojení podložek s nástrojem budou použity šrouby M12 šroubované zespod do stejných závitových otvorů, které jsou také využívány pro aretační tyče během přepravy.



Obr. 30 Vypodložení nástroje

Pro manipulaci a uskladnění nástroje bylo navrženo rozmístění čtyř závěsných čepů určených k zavěšení na manipulační prostředek (viz obr. 30). Tyto závěsné čepy jsou opatřeny šroubem pro připevnění do otvorů v základové desce nástroje. K zamezení pohybu horní a spodní části nástroje byly navrženy aretační tyče, které jsou šroubovány do základové desky. V horní části nástroje šroub aretační tyče prochází upínací deskou a shora je zajištěn maticí. Pro zvýšení bezpečnosti při obsluze nástroje byly navrženy bezpečnostní plechy, které jsou pomocí šroubů připevněny k vodící desce.



Obr. 31 Nástroj při přepravě a uskladnění

4.3.2 Materiály použité pro výrobu nástroje

Přehled součástí a materiálů zvolených pro jejich výrobu se nachází v tabulce 10. Tyto materiály byly voleny dle kapitoly 2.6.1 a dostupnosti polotovarů s nejvhodnějšími rozměry pro danou součást. Polotovary jsou dodávány v stavu žíháno na měkko.

Tab. 10 Materiály zvolené pro výrobu součástí. [32]

Součást	Použitý materiál	
	Označení dle ČSN	Označení dle W.Nr
Střižnice	19 655	1.2767
Kotevní deska	11 523	1.0570
Upínací deska	11 523	1.0570
Opěrná deska	19 312	1.2842
Vodící deska	19 655	1.2767
Základová deska	19 083	1.1730
Střižník Ø6,5 mm	19 830	1.3343
Střižník Ø8 mm	19 830	1.3343
Obvodový střižník	19 655	1.2767
Ohybník	19 655	1.2767
Ohýbací čelisti	19 655	1.2767
Hledáčky	19 830	1.3343
Vodící pouzdra	12 050	1.1191
Vodící sloupky	12 050	1.1191

4.5 Volba tvářecího stroje

Změnou délek střižníků bylo dosaženo snížení maximální střižné síly o 165280 N. Tímto řešením bylo dosaženo že maximální velikost působící síly je 870714 N. Pro výrobu byl zvolen výstředníkový lis od firmy TOMA s označením LEXN 100 C (viz obr 31). Parametry tohoto lisu jsou uvedeny v tabulce 10.



Obr. 32 Výstředníkový lis LEXN 100 C [22]

Tab. 11 Parametry lisu LEXN 100 C [28]

Pracovní rozsah		
Jmenovitá tvářecí síla	1000	kN
Sevření	380	mm
Průchod	380	mm
Stůl lisu		
Plocha upínacího stolu	1000x640	mm
Tloušťka stolu	80	mm
Beran lisu		
Upínací deska beranu	560x360	mm
Představení	90	mm
Nastavení zdvihu	10 až 125	mm
Maximální tloušťka plechu	7	mm
Počet zdvihů	75 až 150	min ⁻¹
Spotřeba ztláčeného vzduchu	0,02	m ³
Pracovní tlak	0,5	Mpa
Výkon hlavního motoru	6.0/10.0	kW
Rozměry a hmotnost stroje		
Délka	1655	mm
Šířka	2220	mm
Výška	2970	mm
Hmotnost	10600	kg

5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V této kapitole byly řešeny náklady na materiál potřebný pro výrobu nástroje. Ceny za materiály jsou započteny za celý zakoupený polotovar. Nevyužitý materiál bude uskladněn a bude jej možno využít při výrobě nových nástrojů nebo pro opravu a výrobu nových dílů stávajících nástrojů. Náklady na obrábění součástí zde nejsou započteny, tyto náklady přímo závisí na firmě zajišťující výrobu součástí nástroje.

Tab. 12 Ceny polotovarů pro výrobu nástroje. [32]

Materiál [-]	Rozměry polotovaru [mm]	Pro součást [-]	Množství [ks]	Cena bez DPH [Kč]
19 655	160,4x50,4x1000	Střížnice Vodící deska Ohybník Obvodový střížník Ohýbací čelisti	1	16 470,-
19 830	Ø16x1000	Střížník Ø 6,5 mm Střížník Ø 8 mm Hledáčky	1	969,-
11 523	160,4x25,4x1000	Kotevní deska	1	3477,-
11 523	296,4x36,4x1000	Upínací deska	1	7467,-
19 083	296,4x56,4x1000	Základová deska	1	10 460,-
12 050	Ø30x1000	Vodící sloupky	1	97,-
12 050	Ø45x1000	Vodící pouzdra	1	294,-
19 312	180x6x500	Opěrná deska	1	1386,-

Celková cena za materiál pro výrobu nástroje byla stanovena na 40620 Kč po započtení DPH, které činí 21 % z ceny polotovaru vzrostly tyto náklady na 49150 Kč.

V následujícím kroku byla porovnána volba výroby ze svitků s alternativou v podobě výroby z tabulí plechu.

- Počet vyrobených kusů z jednoho svitku:

$$n_{ks} = \frac{l_{sv}}{l_{kr}} \quad [ks] \quad (5.1)$$

Kde: l_{sv} – délka svitku [mm]
 l_{kr} – délka kroku [mm]

$$n_{ks} = \frac{3500000}{90} = 38888 \text{ ks}$$

- Počtu pásů zhotovených z jedné tabule plechu:

Výpočet byl proveden pro tabuli plechu 1000x2000 mm vztahem (5.2). Šířka pásu je stanovena dle návrhu výroby na 120 mm.

$$n_p = \frac{\xi_t}{\xi_p} \quad [ks] \quad (5.2)$$

Kde: ξ_t – šířka tabule [mm]
 ξ_p – šířka pásu [mm]

$$n_p = \frac{\xi_t}{\xi_p} = \frac{1000}{90} = 8,33 \text{ ks} \Rightarrow 8 \text{ ks}$$

- Počtu kusů z pásu:

$$n_{kp} = \frac{l_{ps}}{l_{kr}} \text{ [ks]} \quad (5.3)$$

kde: l_{ps} – délka pásu [mm]

$$n_{pk} = \frac{l_{ps}}{l_{kr}} = \frac{2000}{90} = 22,2 \Rightarrow 22 \text{ ks}$$

- Počet kusů z tabule:

$$n_{kt} = n_{pk} \cdot n_p \text{ [ks]} \quad (5.4)$$

$$n_{kt} = n_{pk} \cdot n_p = 22 \cdot 8 = 176 \text{ ks}$$

- Počet tabulí potřebných pro výrobu série:

$$n_{tse} = \frac{n_{kse}}{n_{kt}} \text{ [ks]} \quad (5.5)$$

kde: n_{kse} – počet kusů v sérii [ks]

n_{kt} – počet kusů z tabule [ks]

$$n_{tse} = \frac{n_{kse}}{n_{kt}} = \frac{300000}{176} = 1704,56 \Rightarrow 1705 \text{ ks}$$

- Počet svitků potřebných pro výrobu série:

$$n_{sse} = \frac{n_{kse}}{n_{ks}} \text{ [ks]} \quad (5.6)$$

kde: n_{ks} – počet kusů ze svitku [ks]

$$n_{sse} = \frac{n_{kse}}{n_{ks}} = \frac{300000}{38888} = 7,71 \Rightarrow 8 \text{ ks}$$

Z následujících výpočtů byla sestavena tabulka 13 kde jsou obě varianty zhodnoceny z finančního hlediska. Z výpočtů bylo zjištěno že finanční úspora při výrobě ze svitků bude přibližně 100000 Kč.

Tab.13 Ekonomické srovnání použití svitků a tabulí plechu. [19], [23], [29]

Druh polotovaru		Svitky plechu	Tabule plechu
Rozměr	[mm]	1,5x120x3500000	1,5x1000x2000
Hmotnost	[kg]	5000 kg	24 kg
Cena	[Kč/ks]	650000	3110
Velikost výrobní série	[ks]	300000	
Počet polotovaru pro zhotovení série	[ks]	8	1705
Odpad	[%]	49,6	45
Cena odpadu	[Kč/kg]	3,5	
Náklady na polotovar	[Kč]	5200000	5302550
Zisk z prodeje odpadu	[Kč]	8530	7672
Výsledné finanční náklady	[Kč]	5191470	5294878

6 ZÁVĚRY

Práce byla zaměřena na výrobu držáku kabelu sloužícího k upevňování telefonních, izolovaných elektrovedných a rozhlasových kabelů. Pro danou součást byla ze dvou variant jako vhodnější materiál zvolena korozivzdorná austenitická ocel X5CrNi8-10. Součást bude vyráběna z plechu o tloušťce 1,5 mm.

Z několika možných způsobů pro výrobu součásti byla zvolena jako nejvhodnější s ohledem na výrobní sérii čítající 300000 ks/rok a tvar součásti výrobní varianta - výroba ve sdruženém nástroji. Pro tuto variantu byly provedeny výpočty nutné pro následnou konstrukci nástroje. Konstrukce nástroje byla navržena na základě rozměrů součásti a jejich požadovaných přesnostech. V konstrukčním řešení byla navržena výroba odstupňovaných střížníků a ohybníků čímž bylo dosaženo snížení velikosti maximální síly, a to na hodnotu 867930 N a tím i možnost použití menšího lisu s nižší jmenovitou silou. Volbou menšího lisu bylo dosaženo menšího sevření a tím také snížení výšky podkládacích hranolů, která nyní činí 66 mm. Dále byly zvoleny materiály jednotlivých částí nástroje. Další částí bylo vypracování výkresové dokumentace nástroje, která je součástí této práce. Pro výrobu byl zvolen polotovar ve formě svitků plechu s rozměrem 1,5x120 mm a délce 3500 m. Tyto hodnoty vycházejí z informací od dodavatele.

Poslední částí této práce bylo ekonomické zhodnocení. V tomto bodě byly stanoveny náklady za polotovary pro výrobu nástroje čítající 49 150 Kč. Další částí ekonomického zhodnocení bylo porovnání zvoleného polotovaru s alternativou v podobě tabulí plechu. Bylo vyhodnoceno že při předpokládané roční výrobě volbou výroby ze svitků budou náklady na materiál zhruba o 100000 Kč nižší než u tabulí plechu.

SEZNAM ZDROJŮ

1. NĚMEC, Miroslav. *Návrh postupového stříhadla*. Brno, 2016. Ročníkový projekt. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc
2. AMBROŽ, Oldřich. *Technologie slévání, tváření a spojování: laboratorní cvičení*. Brno: VUT Brno, 1989. ISBN 8021400439.
3. BAČA, Jozef, Jozef BÍLIK a Viktor TITTEL. *Technológia tvárnenia*. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2010. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 9788022732420.
4. BAREŠ, Karel. *Lisování: Určeno [také] stud. na stř. a vys. odb. školách*. Praha: SNTL, 1971, 542 s.
5. BOBČÍK, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. Praha: SNTL, 1983.
6. ČADA, Radek. *Technologie tváření a slévání – v příkladech: Stříhání plechu* [online]. Ostrava, 2013 [cit. 2017-04-12]. ISBN 9788024830162. Dostupné z: http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_005/Technologie%20tváření%20a%20slévání%20-%20v%20příkladech/02%20Text%20pro%20e-learning/3.%20STŘÍHÁNÍ%20PLECHU.pdf
7. ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. Mince 50 Kč. In: *Česká národní banka* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/platidla/mince/mince_50czk.html
8. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 9788021447479.
9. FOREJT, Milan. *Teorie tváření*. Vyd. 2., v Akademickém nakladatelství CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 8021427647.
10. HOLČÁK, Marek. *Vývoj postupového střížného nástroje* [online]. Zlín, 2008 [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/7119/hol%20ák_2008_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Doc. Ing. Imrich Lukovics, CSc.
11. HOSFORD, William F. a Robert M. CADDELL. *Metal forming: mechanics and metallurgy*. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN 9781107004528.
12. KRÍŽ, Rudolf a Pavel VÁVRA. *Strojírenská příručka 8. svazek: V-Tváření, W-Výrobky se slinovaných prášků, X- Výrobky z plastů, Z- Svařování součástí, Z-Protikorozi ochrana materiálu*. Praha: Scientia, 1998, 255 s. ISBN 8071830542.
13. MACHÁČEK, Zdeněk a Karel NOVOTNÝ. *Speciální technologie I: plošné a objemové tváření*. Brno: Vysoké učení technické, 1986.

14. MORAVEC, Ján. *Ohýbanie a ohýbacie nástroje*. V Žiline: EDIS, 2003. ISBN 8080700400.
15. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1980.
16. ŠPINLEROVÁ, Marie. Technologie: Obor nástrojař. In: *Střední škola technická Opava* [online]. Opava: Střední škola technická Opava, 2007 [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <https://sst.opava.cz/technologie/technologie.pdf>
17. Šroub metrický M22. In: *Landsmann: Náradí a stroje* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: http://www.landsmann.cz/sroub-metricky-m22-x-90-mm-sestihranna-hlava-cely-zavit-din-933-ocel-tr-8-8-zinek-bily-100ks-_d75239.html
18. Střížný nástroj. In: *Festool: Nástrojárna FESTOOL s.r.o.* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: http://www.vyrobaforem.cz/cs/strizne_nastroje.html
19. *Barko* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.druhotnesuroviny.cz>
20. Klíč FAB 100. In: *Assa Abloy* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.assaabloy.cz/cs/local/cz/produkty/klice/fab-100/>
21. Pero přiřaněče zalomené: New Holland, Case IH. In: *Zemědělské potřeby M+S* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <https://www.eshop-zemedelske-potreby.cz/pero-prihanece-zalomene-vhodne-pro-new-holland-a-case-ih-p28971/>
22. Výstředníkový lis LEXN 100 C. In: *EXA Pro* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://www.exapro.cz/vystrednikovy-lis-smeral-lexn-100c-p50505220/#prettyPhoto>
23. Plech 1.5x1000x2000 Wst.Nr. 1.4301 2B. In: *Nerezmaterial.cz: Internetový obchod s nerezovým materiálem* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.nerezmaterial.cz/plech-1-5x1000x2000-aisi-304-2b-valcovany-za-studena>
24. Náprstek kovový. In: *Stoklasa* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <https://www.stoklasa.cz/naprstek-kovovy-mix-x111130>
25. Závlačka pružinová pr. 4 mm. In: *Trans-technik* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.trans-technik.cz/zavlacka-pruzinova-pr-4-mm-0871303-000>
26. Řezání laserovým paprskem. In: *GSP HIGH TECH SAWS* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.gspzborovice.cz/Sluzby-rezani-laserem/>
27. *Kovintrade* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: http://www.kovintrade.cz/web/index.php/cs_CZ/home
28. Výstředníkový lis LEXN 100C. *Bazoš.cz* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <https://stroje.bazos.cz/inzerat/74671486/Vystrednikovy-lis-LEXN-100C.php>
29. *Handbuch der Umformtechnik*. New York: Springer, c1996. ISBN 3540610995.

30. Sdružený nástroj. In: *FaM Tools: Konstrukční kancelář* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.famtools.cz/postupove-sdruzene-nastroje-lisy>
31. ČSN 22 6015: *Stříhadla a střížné vřle*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1977.
32. Ceník obrobené nástrojové oceli. In: *Ing. František Janků: Broušené nebo frézované jakostní oceli* [online]. 2015 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.nastrojove-oceli.com/katalog/cenik.pdf>
33. Změna profilu při ohýbání. In: *Technická univerzita Liberec: Technologie II* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Symbol	Jednotka	Popis
A_{80}	[%]	tažnost pro vzorek délky 80 mm
A	[%]	tažnost
A_o	[J]	ohýbací práce
A_s	[J]	střížná práce
b	[mm]	šířka ohybu
c	[-]	součinitel zahrnující tření
d	[mm]	průměr střížníku
d_h	[mm]	průměr osazení střížníku
E	[MPa]	modul pružnosti v tahu
F	[N]	síla
F_c	[N]	celková střížná síla
F_i	[N]	dílčí střížná síla
F_{max}	[N]	maximální střížná síla
F_o	[N]	ohýbací síla
F_p	[N]	síla přidržovače
F_s	[N]	střížná síla
h	[mm]	pracovní zdvih
h_s	[mm]	dráha při maximální síle
H_s	[mm]	tloušťka střížnice
I	[mm ⁴]	modul setrvačnosti
JR	[mm]	jmenovitý rozměr
k	[-]	koeficient vniknutí střížných hran
k_b	[-]	koeficient bezpečnosti
k_o	[-]	koeficient pro určení bezpečnosti
l_o	[mm]	délka oblouku
l_1	[mm]	délka rovinného úseku
l_2	[mm]	délka rovinného úseku
l_{kr}	[mm]	délka kroku
l_{krit}	[mm]	kritická délka střížníku
l_m	[mm]	rameno ohybu
l_{oh}	[mm]	vzdálenost ohýbacích hran
l_{ps}	[mm]	délka pásu
l_s	[mm]	délka střížné hrany
l_{sv}	[mm]	délka svítku
n	[-]	součinitel otupení
n_{kp}	[ks]	počet kusů z pásu
n_{ks}	[ks]	počet kusů ze svítku
n_{kse}	[ks]	počet kusů v sérii
n_{kt}	[ks]	počet kusů z tabule
n_{sse}	[ks]	počet svítků na výrobu série
n_{tse}	[ks]	počet tabulí na výrobu série
n_p	[ks]	počet kusů z tabule
P	[mm]	přípustná míra opotřebení
RAD	[mm]	rozměr střížníku pro děrování
R_e	[MPa]	mez kluzu
RED	[mm]	rozměr střížnice pro děrování

R_m	[MPa]	mez pevnosti
R_o	[mm]	poloměr ohybu
R_o'	[mm]	skutečný poloměr ohybu
$R_{p0,2}$	[MPa]	smluvní mez kluzu
s	[mm]	tloušťka materiálu
S	[mm ²]	střížná plocha
$š_p$	[mm]	šířka pásu
$š_t$	[mm]	šířka tabule
TA	[mm]	výrobní tolerance střížníku
TE	[mm]	výrobní tolerance střížnice
v	[mm]	střížná vůle
v_o	[mm]	ohýbací vůle
x	[-]	koeficient posunutí neutrální vrstvy
x_i	[mm]	vzdálenost dílčí síly v ose x od počátku
x_T	[mm]	poloha těžiště sil v ose x
y_i	[mm]	vzdálenost dílčí síly v ose y od počátku
y_T	[mm]	poloha těžiště sil v ose y
z	[mm]	střížná mezera
z_r	[-]	součinitel ztenčení
z_z	[-]	součinitel rozšíření původního profilu
α	[°]	úhel ohybu
α'	[°]	skutečný úhel ohybu
β	[°]	úhel odpružení
μ	[-]	součinitel tření
ρ	[mm]	poloha neutrální vrstvy
σ	[MPa]	otlačení
σ_{dov}	[MPa]	oovolené otlačení
τ_s	[MPa]	mez pevnosti ve smyku
ψ	[-]	koeficient plnosti diagramu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Součásti zhotovované tvářením.....	9
Obr. 2	Držák kabelu.....	10
Obr. 3	Umístění závěsného oka.....	10
Obr. 4	Umístění závitového třmene.....	10
Obr. 5	Střížný nástroj.....	12
Obr. 6	Řezání laserovým paprskem.....	12
Obr. 7	Sdružený nástroj.....	12
Obr. 8	Střížný proces.....	13
Obr. 9	Střížná plocha	14
Obr. 10	Vliv velikosti střížné mezery na střížnou plochu.....	15
Obr. 11	Jednoduchý střížný nástroj.....	16
Obr. 12	Postupový střížný nástroj.....	17
Obr. 13	Sdružený střížný nástroj.....	17
Obr. 14	Schéma ohýbání v nástrojích.....	20
Obr. 15	Schéma ohraňování.....	20
Obr. 16	Schéma zakružování.....	21
Obr. 17	Př. lemování, obrubování, drápkování, zkrucování, osaz. a prosazování..	21
Obr. 18	Změna profilu při ohýbání.....	23
Obr. 19	Poloha neutrální vrstvy.....	23
Obr. 20	Odpružení.....	24
Obr. 21	Vyráběná součást.....	25
Obr. 22	Postup výroby.....	25
Obr. 23	Nástřihový plán.....	26
Obr. 24	Délky částí součástí.....	27
Obr. 25	Rozložení střížných sil.....	27
Obr. 26	Působíště sil.....	28
Obr. 27	Konstrukční řešení základové desky.....	31
Obr. 28	Horní část nástroje.....	32
Obr. 29	Spodní část nástroje.....	33
Obr. 30	Vypodložení nástroje.....	34
Obr. 31	Nástroj při přepravě a uskladnění.....	35
Obr. 32	Výstředníkový lis LEXN 100 C.....	36

SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Mechanické vlastnosti a chemické složení oceli DC01.....	11
Tab. 2	Mechanické vlastnosti a chemické složení oceli X5CrNi 8-10.....	11
Tab. 3	Přehled koeficientů hloubky vnikání do materiálu.....	15
Tab. 4	Volba střížných vůlí dle stříhaného materiálu.....	16
Tab. 5	Přehled konstr. ocelí a jejich použití při konstrukci nástrojů	18
Tab. 6	Přehled nástr. ocelí a jejich použití při konstrukci nástrojů.....	19
Tab. 7	Přehled litin a jejich použití při konstrukci nástrojů.....	19
Tab. 8	Koeficienty posunutí neutrální osy.....	23
Tab. 9	Součinitel k_0 pro určení odpružení	24
Tab. 10	Materiály zvolené pro výrobu součástí.....	35
Tab. 11	Parametry lisu LEXN 100 C.....	36
Tab. 12	Ceny polotovarů pro výrobu nástroje.....	37
Tab. 13	Ekonomické srovnání použití svítků a tabulí plechu.....	38

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Materiálový list oceli DC01
Příloha 2	Materiálový list oceli X5CrNi 8-10

SEZNAM VÝKRESU

BP-02-MN	Střížnice
BP-08-MN	Vyhazovač
BP-11-MN	Ohýbací čelist
BP-12-MN	Ohybník
BP-13-MN	Obvodový střížník
BP-14-MN	Střížník Ø 6,5 mm
BP-15-MN	Střížník Ø 8 mm
BP-001-MN	Střížný nástroj

PŘÍLOHA 1 – MATERIÁLOVÝ LIST OCELI DC01

WNr. (číslo materiálu) 1.0330		Jakostní ocel		OCEL Kurzname (značka) FeP01/DC01/St2/St1 2	
Chemické složení [hm. %] 1)					
C	Mn	P	S		
max 0,12	max 0,60	max 0,045	max 0,045		
Normy DIN					
DIN EN 10130-91 – ploché výrobky válcované za studena z hlubokotažných ocelí k tváření za studena					
DIN EN 10152-93 – elektrolyticky pozinkované ploché výrobky z ocelí válcovaných za studena					
DIN 1624-87 – ploché výrobky z ocelí; pásy válcované za studena v šířkách do 650 mm z měkkých nelegovaných ocelí					
DIN 5512/2-97 – materiály pro kolejová vozidla; ploché výrobky o tloušťce pod 3 mm					
Mechanické vlastnosti4)					
Rozměr t, d [mm]	–				
Stav	převálcovaný za studena				
Mez kluzu R_{e} nebo $R_{\text{p}0,2}$ [MPa] max 2) 6)	2805)				
Mez pevnosti R_{m} [MPa]	270–410				
Tažnost $A_{\text{g}0}$ [%] min 3)	28				
Kontrakce Z [%]	–				
Nárazová práce [J]	–				
Tvrdost HB	–				
Fyzikální vlastnosti					
Hustota ρ [kg . m ⁻³]	7 850				
Technologické údaje					
SVAŘITELNOST					
vhodná ke svařování běžnými postupy; při objednávání je vhodné uvádět postup svařování, při předpokládaném svařování plamenem je tento údaj nutný.					
Použití					
Pro tváření za studena, vhodná k nanášení povlaků žárovým pokovováním, elektrolyticky a k nanášení organických a jiných povlaků.					
Ostatní vlastnosti					
Způsob deoxidace – podle volby výrobce:					
Jakost povrchu					
A – vady, jako póry, malé rýhy, malé výstupky, drobná poškrábání a slabá zabarvení, jsou dovoleny, pokud neome- zují vhodnost ke tváření a přilnavost povrchových povlaků.					
B – lepší strana musí být pokud možno bez vad, aby nebyl zhoršen jednotný vzhled kvality lakování nebo elektro- lyticky naneseného povlaku, druhá strana musí odpovídat minimálně požadavkům pro jakost povrchu A.					

Porovnání se zahraničními materiály					
ISO		EURO		Česká republika	
–	–	FeP 01	EN 10130-91	11 331 FeP 01	ČSN 41 1331 ČSN EN 10130-91
Francie		Velká Británie		Rusko	
TC FeP 01	NF NF EN 10130-91	4CR 4CS FeP 01	BS 1449/1-91 BS 1449/1-91 BS EN 10130-91	–	–
USA		Japonsko		Kanada	
1008 Gr. 1008 Gr. 1008 Gr. 1008 Gr. 1008	SAE J403 ASTM A29 ASTM A108 ASTM A519 ASTM A635	SPCC CR 1	JIS G3141-96 JIS G3141-96	–	–
Itálie		Rakousko		Švédsko	
FeP 01	UNI EN 10130-91	St 02 F St 02 FK 32 St 02 FK 40 St 02 FK 50 FeP 01	ÖNORM M3124/1-73 ÖNORM M3124/2-73 ÖNORM M3124/2-73 ÖNORM M3124/2-73 ÖNORM EN 10130-91	1142 FeP 01	SS 141142 SS EN 10130-91
Polsko		Maďarsko		Norsko	
–	–	M	MSZ 23-83	FeP 01	NS EN 10130-91
Finsko		Švýcarsko		Španělsko	
CR 2 FeP 01	SFS 600 SFS EN 10130-91	FeP 01	EN 10130-91	AP 04 F.6702 FeP 01	UNE 36086/1-79 UNE 36086/1-79 UNE EN 10130-91
Austrálie		Belgie		–	
CX 1 Hd 1	AS 1595-81 AS 1594-89	FeP 01	NBN EN 10130-91	–	–
–		–		Jugoslávie	
–	–	–	–	Č.0146	JUS C.B4.016-78
Rumunsko		–		–	
A 1n	STAS 9485-80	–	–	–	–
Poznámky					
¹⁾ může být dodávána jako legovaná (např. B nebo Ti), pokud při objednávání nebylo dohodnuto jinak ²⁾ pro konstrukční účely se může počítat s min hodnotou meze kluzu 140 MPa ³⁾ u tloušťek do 0,5 mm se dovolu je min hodnota tažnosti o 4% nižší, u tloušťek nad 0,5 mm do 0,7 mm se dovo- luje min hodnota tažnosti o 2% nižší ⁴⁾ doba bez vzniku deformačních čar u jakosti povrchu B 3 měsíce ⁵⁾ maximální hodnota meze kluzu 280 MPa platí jen 8 dnů od odeslání výrobků výrobcem ⁶⁾ u tloušťek nad 0,5 do 0,7 mm se dovolu je překročení max hodnoty meze kluzu o 20 MPa, u tloušťek do 0,5 mm o 40 MPa					

PŘÍLOHA 2 – MATERIÁLOVÝ LIST OCELI X5CrNi8-10 ()

WNr.

(číslo materiálu)

1.4301

Cr-Ni

austenitická korozivzdorná ocel

OCEL

Kurzname (značka)

X5CrNi18-10

Chemické složení [hm. %]

C	Si	Mn	P	S ¹⁾	Cr	Ni	N
max 0,07	max 1,00	max 2,00	max 0,045	max 0,015	17,0–19,5	8,00–10,5	max 0,11

Normy DIN

DIN EN 10088 /1-3-95 korozivzdorné oceli

DIN EN 10028/7-97 ploché výrobky z ocelí na tlakové nádoby; korozivzdorné oceli

DIN EN 100222/5-00 výkovky z oceli na tlakové nádoby; martenzitické, austenitické a austeniticko-fertické korozivzdorné oceli

DIN EN 10250/4-00 volné výkovky z oceli pro všeobecné použití; korozivzdorné oceli

DIN EN 10269-99 oceli a niklové slitiny na upevňovací části pro zvýšené a/nebo snížené teploty

DIN 4133-91 ocelové komíny

DIN 5512/3-91 oceli na kolejová vozidla; ploché výrobky z korozivzdorných ocelí

DIN 17440-96 korozivzdorné oceli; plech, pás válcovaný za tepla a válcované tyče na tlakové nádoby, tažený drát a výkovky

DIN 17441-97 korozivzdorné oceli; pás válcovaný za studena na tlakové nádoby

DIN 17442-77 vývalky, výkovky a odlitky z korozivzdorných ocelí na lékařské nástroje

Mechanické vlastnosti

Rozměr t, d [mm]		≤ 6 ²⁾	≤ 12 ³⁾	≤ 75 ⁴⁾	≤ 160 ⁵⁾ 1 ¹⁰⁾	161–250 ⁵⁾
Stav		po rozpouštěcím žhání				
Mez kluzu R _{p0,2} [MPa] min		230 ⁶⁾	210 ⁶⁾		190 ⁹⁾	
Mez kluzu R _{p1,0} [MPa]		260 ⁶⁾	250 ⁶⁾		225 ⁹⁾	
Mez pevnosti R _m [MPa]		540–750	520–720		500–700	
Tažnost A [%] min		45 ⁶⁾ 7)		45 ⁶⁾	45 ⁹⁾	35 ⁶⁾ 9)
Kontrakce Z [%]						
Nárazová práce KV [J]	podél min	–	90		100 ⁹⁾	–
	napříč min	–	60		–	60 ⁹⁾
Tvrdost HB max		–	–		215 ⁹⁾	
Modul pružnosti E [GPa]		200				
Rozměr t _R [mm]		250 ¹¹⁾				
Stav		po rozpouštěcím žhání				
Mez kluzu R _{p0,2} [MPa] min		200				
Mez kluzu R _{p1,0} [MPa]		230				
Mez pevnosti R _m [MPa]		500–700				
Tažnost A %	podél min	45				
	napříč min	35				
Kontrakce Z [%]						

Nárazová práce KV [J]		podél min	100									
		napříč min	60									
KV ⁻¹⁹⁶ [J]		napříč min	60									
Modul pružnosti E [GPa]			200									
Min. hodnoty meze kluzu R _{p0,2} a R _{p1,0} a meze pevnosti R _m při zvýšených teplotách (stav po rozpouštěcím žhání)												
Teplota [°C]		100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	
Mezi kluzu [MPa]	R _{p0,2}	155	140	127	118	110	104	98	95	92	90	
	R _{p1,0}	190	170	155	145	135	129	125	122	120	120	
Mez pevnosti R _m [MPa]		450	420	400	390	380	380	380	375	360	335	
Hodnoty pevnosti v tahu, tažnosti a nárazové práce ve zpevněném stavu												
Označení		C700		C800		C850		C1000		C1150		C1300
Mez pevnosti R _m [MPa]		700–850		800–1000		850–1000		1000–1150		1150–1300		1300–1500
Tažnost A [%] min		20		12		–		–		–		–
Nárazová práce	KV [J] min	80		–		–		–		–		–
	KV ⁻¹⁹⁶ [J] min	50		–		–		–		–		–
Mechanické vlastnosti při nízkých teplotách												
Teplota [°C]		-150					-196					
Mez kluzu R _{p0,2} [MPa] min		370					400					
Mez pevnosti R _m [MPa] min		1400					1500					
Tažnost A [%] min		40					35					
Nárazové práce KV [J] min		60					60					
Hodnoty modulu pružnosti E při zvýšených teplotách												
Teplota [°C]		100		200		300		400		500		
Modul pružnosti E [GPa]		194		186		179		172		165		
Fyzikální vlastnosti												
Hustota ρ [kg . m ⁻³]		Měrná tepelná kapacita c _p [J . kg ⁻¹ . K ⁻¹]		Teplotní součinitel roztlačnosti α [K ⁻¹]		Tepelná vodivost λ _r [W . m ⁻¹ K ⁻¹]		Rezistivita [Ω . mm ² . m ⁻¹]				
7 900		500		16.10 ⁻⁶		15		0,73				
Odolnost proti degradačním procesům												
ODOLNOST PROTI MEZIKRYSTALOVÉ KORÓZI												
– v dodávaném stavu: ano												
– po zcitlivění: ne												
Technologické údaje												
TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ												
rozpouštěcí žhání		1000–1100 °C		ochlazovat ve vodě nebo na vzduchu ⁹⁾								
TVAŘITELNOST												
teploty tváření		1200–900 °C		ochlazovat na vzduchu								

SVAŘITELNOST

svařitelná všemi obvyklými postupy

Použití

Přístroje v potravinářském průmyslu (svařitelná, dobře leštitelná, zvláště hlubokotažná, odolná proi opotřebení).

Ostatní vlastnosti

magnetovatelnost: ne

Porovnání se zahraničními materiály					
ISO		EURO		Česká republika	
X5CrNi18-9E	ISO 4954-93	X5CrNi18-10	EN 10088/1-3-95	X5CrNi18-10	ČSN EN 10088/1-3-97
X5CrNi18-9	ISO 9328/5-91	X5CrNi18-10	EN 10028/7-97	X5CrNi18-10	ČSN EN 10028/7-99
X5CrNi18-9	ISO 9329/4-97	X5CrNi18-10	EN 10222/5-00	17 240	ČSN 41 7240
X5CrNi18-10	ISO 6931/2-89	X5CrNi18-10	EN 10250/4-00		
M 11	ISO 7153/1-91	X6CrNi18-10 KD	EN 119-74		
Francie		Velká Británie		Rusko	
X5CrNi18-10	NF EN 10088/1-3-95	X5CrNi18-10	BS EN 10088/1-3-95	08Ch18N10	GOST 5632-72
X5CrNi18-10	NF EN 10028/7-97	X5CrNi18-10	BS EN 10028/7-97		
Z6CN18-09	NF A36-209-90	304S15	BS 970/1-91		
Z4CN19-10	NF A35-577-90	LW 21	BS 6323/8-82		
		LWCF 21	BS 6323/8-82		
USA		Japonsko		Kanada	
304	AISI	SUS 304	JIS G3448-88		
304 H	AISI	SUS 304	JIS G3468-88		
30304	SAE J405	SUS 304	JIS G4303-99	–	–
Type304	ASTM A167	SUS 304	JIS G4304-99		
Gr. F 304	ASTM A182	SUS 304	JIS G4305-99		
Itálie		Rakousko		Švédsko	
X5CrNi18-10	UNI EN 10088/1-3-95	X5CrNi18-10	ÖNORM EN 10088/1-3-95	X5CrNi18-10	SS EN 10088/1-3-95
X5CrNi18-10	UNI EN 10028/7-97	X5CrNi18-10	ÖNORM EN 10028/7-97	X5CrNi18-10	SS EN 10028/7-97
X5CrNi18-10	UNI 6904-71	X5CrNi18-10KKW	ÖNORM EN M3121-91	2332	SS 142332
X5CrNi18-10KT	UNI 7660-77	X5CrNi18 10S	ÖNORM EN 3120-86	2333	SS 142333
X5CrNi18-10KW	UNI 7660-77				
Polsko		Maďarsko		Norsko	
0H18N9	PN H-86020-71	X5CrNi18-10	MSZ EN 10088/1-3-95	X5CrNi18-10	NS EN 10088/1-3-95
		KO 33	MSZ 4360-87	X5CrNi18-10	NS EN 10028/7-99
				14350	NS 14350
Finsko		Švýcarsko		Španělsko	
X5CrNi18-10	SFS EN 10088/1-3-95	X5CrNi18-10	EN 10088/1-3-95	X5CrNi18-10	UNE EN 10088/1-3-95
X5CrNi18-10	SFS EN 10028/7-99	X5CrNi18-10	EN 10028/7-99	X5CrNi18-10	UNE EN 10028/7-99
X4CrNi18 9	SFS 725			X5CrNi18 10	UNE 36016/1,2-90,89
				X5CrNi18 10	UNE 36087/4-89
				F.3504	UNE 36016/1,2-90,89
Austrálie		Belgie		Bulharsko	
304	AS 1449-94	X5CrNi18-10	NBN EN 10088/1-3-97	X5CrNi18-10	BDS EN 10088/1-3-99
304	AS 2837-86	X5CrNi18-10	NBN EN 10028/7-99	0Ch18N10	BDS 6738-72
Brazílie		Čína		Jugoslávie	
E 304	Br.400	0Cr18Ni9	GB 4239-91	–	–
V-304	Br.800	0Cr19Ni9	GB 12770-91		
Rumunsko		–		–	
X5CrNi18-10	STAS EN 10088/1-3-99	–	–	–	–
5NiCr 180	STAS 3583-97				

Poznámky

¹⁾ pro výrobky určené k obrábění je doporučen a povolen obsah S = 0,015–0,030 %

²⁾ pás válcovaný za studena

³⁾ pás válcovaný za tepla

⁴⁾ plech válcovaný za tepla

⁵⁾ tyče a válcované dráty

⁶⁾ napříč

⁷⁾ pro materiál rovnaný protahováním je min hodnota o 5% nižší

⁸⁾ nad 2 mm tloušťky pouze ve vodě

⁹⁾ pro válcované dráty platí pouze hodnota meze pevnosti

¹⁰⁾ pro profily a tyče s t ≤ 35 mm tvářené za studena platí: HB = max 315, R_m = 500–900 MPa, A = min 36%

¹¹⁾ výkovky